

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

CAMPUS LAGOA DO SINO

Fabiana França

**IMPACTO DO USO DE REALÇADOR DE SABOR OBTIDO DE SUBPRODUTO DE
COGUMELO SOBRE A QUALIDADE DE HAMBÚRGUER BOVINO COM
REDUÇÃO DE SÓDIO**

Buri

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

CAMPUS LAGOA DO SINO

Fabiana França

**IMPACTO DO USO DE REALÇADOR DE SABOR OBTIDO DE SUBPRODUTO DE
COGUMELO SOBRE A QUALIDADE DE HAMBÚRGUER BOVINO COM
REDUÇÃO DE SÓDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para a obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia de Alimentos na
Universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Miriam Mabel Selani

Buri

2021

França, Fabiana

Impacto do uso de realçador de sabor natural obtido de subproduto de cogumelo sobre a qualidade de hambúrguer bovino com redução de sódio / Fabiana França -- 2021.
48f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Miriam Mabel Selani

Banca Examinadora: Iliani Patinho, Priscilla Siqueira Melo

Bibliografia

1. Lentinula edodes. 2. Estipe de cogumelo. 3. Realçador de sabor.. I. França, Fabiana. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

FABIANA FRANÇA

**IMPACTO DO USO DE REALÇADOR DE SABOR OBTIDO DE SUBPRODUTO DE
COGUMELO SOBRE A QUALIDADE DE HAMBÚRGUER BOVINO COM REDUÇÃO
DE SÓDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para a obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia de Alimentos na
Universidade Federal de São Carlos. Buri, 22 de
março de 2021.

Orientador(a)



Profa. Dra. Miriam Mabel Selani
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Examinador(a)



Profa. Dra. Priscilla Siqueira Melo
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Examinador(a)



MSc. Iliani Patinho
Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)

*Dedico este trabalho à minha querida avó
Margarida (in memoriam) e aos meus amados
pais, a quem agradeço as bases que deram para
me tornar a pessoa que sou hoje.*

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço à Deus pela força e capacidade concedida durante os anos de faculdade e por estar comigo em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Cláudia e Fábio, por sempre me incentivarem a estudar e por não medirem esforços em me educar. À minha irmã Fernanda, por todo companheirismo, ajuda e motivação em todos os momentos. Amo vocês incondicionalmente.

À minha avó Margarida, que me deixou tantos ensinamentos valiosos. Obrigada por ter cuidado tão bem de mim e por ser meu maior exemplo de integridade e humildade.

Ao meu namorado e melhor amigo Vinicius, por estar comigo em momentos bons e ruins, sempre me apoiando e incentivando.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Miriam Mabel Selani, por ter acreditado no meu trabalho e ter concedido a mim essa oportunidade de aprendizado. Agradeço pela atenção, dedicação e apoio em todas as etapas deste trabalho. Sua ajuda foi essencial para que eu conquistasse tudo o que almejava.

À banca examinadora por ter aceito o convite e pela contribuição cedida para o fechamento deste trabalho.

Às minhas amigas Larissa, Isabelle e Amanda, pelo companheirismo e parceria ao longo da formação. Obrigada por toda experiência compartilhada e momentos alegres.

Às minhas primas, por sempre estarem ao meu lado torcendo muito por mim.

À minha amiga Ana Laura e à todos os amigos que sempre torceram por mim e ficaram felizes por todas as minhas conquistas.

À todos os professores, pelas dicas, auxílio e conhecimentos compartilhados. Vocês foram imprescindíveis para minha formação como um bom profissional.

À Universidade Federal de São Carlos pela acolhida e por todo suporte fornecido durante a minha graduação.

Ao Centro Tecnológico da Carne (CTC) e ao meu supervisor na Espanha, Dr. Jose Manuel Lorenzo, e à todos os colaboradores que me acolheram e me auxiliaram em todos os momentos durante o meu estágio.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos no Brasil (processo nº 2019/02280-7) e da bolsa estágio de pesquisa no exterior (processo nº 2019/24507-3).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro dado ao projeto.

RESUMO

FRANÇA, Fabiana. **Impacto do uso de realçador de sabor obtido de subproduto de cogumelo sobre a qualidade de hambúrguer bovino com redução de sódio**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2021.

O sódio tem funções essenciais no organismo, mas sua ingestão em excesso pode causar uma série de doenças crônicas, como a hipertensão e problemas cardiovasculares. Devido a isto, o aumento na demanda por produtos cárneos com redução de sódio é crescente. Uma das principais alternativas para a redução de sódio desses produtos é a utilização de realçadores de sabor. Cogumelos são conhecidos por serem realçadores de sabor naturais. Durante sua colheita, parte do estipe é descartada, apresentando potencial para a obtenção de compostos umami. Este estudo objetivou avaliar o impacto da redução de sódio e da adição de realçador de sabor natural (RSN) obtido de estipe de cogumelo sobre as características físico-químicas e de textura, bem como avaliar o conteúdo de aminoácidos livres e o perfil de compostos voláteis de hambúrgueres bovinos. Após a obtenção do RSN, ele foi aplicado em 2 concentrações nos hambúrgueres bovinos com 3 níveis de redução de sal, totalizando 6 tratamentos, além do controle. A cor dos hambúrgueres crus não foi afetada pelas formulações, enquanto hambúrgueres cozidos não tiveram a cor vermelha alterada, mas apresentaram leve aumento nos parâmetros L* e b*. Houve ligeiro aumento no pH das amostras cruas com a adição do ingrediente umami, mas o cozimento minimizou essas diferenças. A atividade de água variou ligeiramente entre os tratamentos apenas nos hambúrgueres crus. Não houve efeito dos tratamentos sobre a perda de peso por cozimento e redução do diâmetro. A dureza e a mastigabilidade tiveram seus valores reduzidos com a diminuição de sal e aumento de ingrediente umami, resultando em hambúrgueres mais macios. A adição de RSN aos hambúrgueres bovinos aumentou o conteúdo dos aminoácidos livres prolina e fenilalanina. O perfil volátil dos hambúrgueres bovinos apresentou um ligeiro aumento nos compostos também encontrados no RSN, como alguns aldeídos, álcoois e compostos sulfurados. Os resultados obtidos mostram que a redução de sal e adição de realçador de sabor obtido de estipe de shiitake apresenta-se viável para aplicação em hambúrguer bovino, considerando os parâmetros físico-químicos, de textura e o perfil de aminoácidos livres e compostos voláteis, enfatizando-se, assim, a oportunidade e o potencial do desenvolvimento de hambúrgueres mais saudáveis.

Palavras-chave: *Lentinula edodes*. Estipe de cogumelo. Realçador de sabor. Análise de Perfil de Textura. Aminoácidos livres. Compostos Voláteis.

ABSTRACT

Sodium has essential functions in the body, but its excessive ingestion can cause a series of chronic diseases, such as hypertension and cardiovascular problems. Due to this, the demand for low-salt meat products is increasing. One of the main alternatives to reduce sodium in these products is the use of flavor enhancers. Mushroom is known to be a natural flavor enhancer. During its harvest, part of the stipe is discarded, which could be used to obtain umami compounds. This study aimed to evaluate the impact of sodium reduction and the addition of natural flavor enhancer (RSN) obtained from mushroom stipe on the physicochemical and texture characteristics, as well as to evaluate the free amino acids content and the volatile compounds profile of beef burgers. After obtaining the RSN, it was applied in 2 concentrations in beef burgers with 3 levels of salt reduction, totaling 6 treatments, in addition to the control. The color of raw burgers was not affected by the formulations, whereas cooked burgers did not change their redness, but showed a slight increase in the L* and b* parameters. There was a slight increase in the pH of raw samples with the addition of the umami ingredient, but cooking minimized these differences. Water activity varied slightly between treatments, only for raw burgers. There was no effect of treatments on cooking loss and diameter reduction. The hardness and chewiness had their values reduced with the decrease of salt and increase of umami ingredient, resulting in softer burgers. The addition of RSN to beef burgers increased the content of the free amino acids proline and phenylalanine. The volatile profile of beef burgers showed a slight increase in compounds also found in the RSN, such as some aldehydes, alcohols and sulfur compounds. The results obtained show that the reduction of salt and the addition of a flavor enhancer obtained from shitake stipes is viable for application in beef burger, considering the physicochemical parameters, texture and the profile of free amino acids and volatile compounds, thus emphasizing the opportunity and the potential for the development of healthier burgers.

Keywords: *Lentinula edodes*. Mushroom stipe. Flavor enhancer. Texture Profile Analysis. Free amino acids. Volatile compounds.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. CONSUMO DE SÓDIO E SAÚDE.....	13
2.2. REDUÇÃO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS.....	14
2.3. REALÇADORES DE SABOR.....	15
2.4. COGUMELOS E RESÍDUOS DA PRODUÇÃO	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. OBTENÇÃO DO REALÇADOR DE SABOR NATURAL OBTIDO A PARTIR DE ESTIPE DE COGUMELO.....	18
3.1.1. Caracterização do realçador de sabor natural obtido a partir de estipe de cogumelo.....	19
3.2. ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES BOVINOS.....	19
3.3. REDUÇÃO DO DIÂMETRO (RD)	20
3.4. PERDA DE PESO POR COZIMENTO (PPC).....	21
3.5. COR.....	21
3.6. pH.....	21
3.7. ANÁLISE DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)	21
3.8. AMINOÁCIDOS LIVRES	22
3.9. PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS.....	22
3.10. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE DADOS	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO REALÇADOR DE SABOR NATURAL OBTIDO A PARTIR DE ESTIPE DE COGUMELO	24
4.2. ANÁLISE DOS HAMBÚRGUERES BOVINOS.....	28
4.2.1. Cor, pH e atividade de água	28
4.2.2. Propriedades de cozimento	31
4.2.3. Análise de Perfil de Textura	32
4.2.4. Aminoácidos livres.....	33
4.2.5. Perfil de compostos voláteis.....	35
5. CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

O sódio é adicionado aos alimentos com o objetivo de conferir sabor, proteção contra micro-organismos e características tecnológicas, como a melhoria da textura. É importante para o funcionamento do sistema nervoso e cardiovascular, para a contração muscular e regulação osmótica de pressão do organismo. Porém, quando consumido em excesso, torna-se um dos principais fatores de risco à saúde (CHEKRI et al., 2011), estando associado à ocorrência de doenças crônicas, aumento da pressão sanguínea e problemas cardiovasculares, que são as principais causas de morte no mundo.

O consumo de sódio em muitos países, inclusive no Brasil, encontra-se acima de 2 g/dia, que é a quantidade máxima recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014; NILSON; JAIME; RESENDE, 2012). Do total de sódio consumido pela população de países industrializados, grande parte provém da ingestão de alimentos processados, principalmente de produtos cárneos (CAMPBELL; JOHNSON; CAMPBELL, 2012; INGUGLIA et al., 2017). Desta forma, iniciativas têm sido desenvolvidas para a redução do consumo de sódio através de sua redução em alimentos processados (NILSON; JAIME; RESENDE, 2012).

Devido à demanda por produtos de conveniência e ao grande número de redes de *fast food* (RODRÍGUEZ-CARPENA; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2012), o hambúrguer tem sido a escolha alimentar de muitos brasileiros, contribuindo para o alto consumo de sódio (BRASIL, 2012). Em vista disso, este produto apresenta grande potencial de redução de seu teor de sódio, o que traria contribuição importante na busca pela melhoria da saúde da população. No entanto, reduzir o sal de produtos como o hambúrguer é um desafio devido à sua ação como conservante, promotor da solubilização das proteínas miofibrilares mas, principalmente, por sua importância sensorial (INGUGLIA et al., 2017).

O uso de sais não-sódicos, especialmente o cloreto de potássio, tem sido muito estudado como substituto parcial ou total do NaCl, embora tenha sido observado que ele pode conferir amargor (DESMOND, 2006). O uso de realçadores de sabor apresenta-se como outra alternativa, já que eles têm o potencial de realçar o gosto salgado, favorecendo a redução parcial do cloreto de sódio em produtos cárneos (DERMIKI et al., 2013). Estes compostos, também chamados de compostos umami, podem ser encontrados em diversos alimentos, como tomates, carnes, queijos, soja e cogumelos (KURIHARA; KASHIWAYANAGI, 2000).

Os cogumelos tiveram sua produção mundial e brasileira consideravelmente aumentada nos últimos anos (ROYSE; BAARS; TAN, 2016; SILVA et al., 2018). A produção mundial

atingiu a marca de 34 milhões de toneladas em 2013, ocasionando, conseqüentemente, um aumento no volume de resíduos gerados na atividade, especialmente do estipe, que corresponde a 25-33% do peso do produto (CHOU; SHEIH; FANG, 2013; ROYSE; BAARS; TAN, 2016). Assim, a quantidade de estipes descartada pode chegar a 11,2 milhões de toneladas por ano no mundo.

Estes resíduos representam sério problema ambiental, além de não gerarem ganhos econômicos para o produtor ou para a indústria. No entanto, de acordo com alguns estudos, também são encontrados teores consideráveis de compostos umami no estipe (POOJARY et al., 2017b, CHO, CHOI, KIM et al., 2010), mostrando que o mesmo pode ser utilizado para a produção de ingredientes realçadores de sabor naturais. Diante disto, a reutilização ou reaproveitamento de resíduos da produção de cogumelos pode converter este material em um produto de alto valor agregado, reduzindo os impactos ambientais e promovendo a sustentabilidade.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o impacto da redução de sódio e da adição de realçador de sabor natural obtido de estipe de cogumelo sobre as características físico-químicas, propriedades de textura, perfil de aminoácidos livres e de compostos voláteis de hambúrgueres bovinos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONSUMO DE SÓDIO E SAÚDE

Responsável por fornecer cerca de 90% do sódio à dieta humana, o cloreto de sódio (NaCl), popularmente conhecido como sal de cozinha, possui 40% de sódio e 60% de cloreto por peso (KLOSS et al., 2015). O sódio é um mineral indispensável para o organismo, uma vez que é encarregado de realizar a manutenção do potencial da membrana celular, sendo que sua presença também determina a quantidade de fluidos extracelulares e, assim, mantém o volume e a pressão sanguínea (INGUGLIA, 2018).

No entanto, o consumo de sódio em excesso está ligado aos efeitos negativos à saúde humana, sendo um dos mais preocupantes o aumento da pressão arterial. A hipertensão é um fator de risco importante para doenças cardiovasculares (KLOSS et al., 2015), que são a principal causa de morte no mundo. Estimativas mostram que o consumo médio global é de cerca de 10 g sal/dia (equivalente a 4 g sódio/dia), quantidade acima do máximo de 5 g sal/dia, que é o recomendado pela OMS (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014).

No Brasil, a ingestão média de sal é de 9,34 g/dia por pessoa, quantidade quase duas vezes maior que o limite máximo recomendado pela OMS (MIIL et al., 2019). Segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação – ABIA (2013), o consumo de sódio dos brasileiros advém basicamente do sal de cozinha, totalizando 71,5% do nutriente ingerido no país. O conteúdo de sódio restante consumido pela população está contido nos alimentos industrializados (13,8%), no pão francês (6,0%), nos alimentos in natura (4,7%) e nos alimentos semielaborados (4,1%), levando em consideração o somatório do sódio ingerido nos lares e no *food service*. Portanto, é possível verificar um aumento na disponibilidade deste mineral à população, devido à grande variedade de alimentos processados e pratos prontos (SARNO et al., 2013).

Na produção de alimentos, o sal é um importante componente de baixo custo para realçar o sabor e aumentar a vida útil. Para certos alimentos é possível reduzir a quantidade de sal em 10% sem realizar outras medidas. Contudo, a redução de 20-30% do conteúdo de sódio pode levar a um aumento de 5 a 30% no custo dos alimentos. Apesar disso, pesquisas mostram que, com o investimento na redução de sódio, pode-se obter uma economia na área da saúde, devido à diminuição na ocorrência de doenças cardiovasculares (KLOSS et al., 2015).

Os produtos cárneos devem ser um grande alvo na indústria para a redução de sódio, sendo eles um dos mais associados ao alto consumo deste mineral, contabilizando 20% do total

de sódio da dieta (INGUGLIA et al., 2017). Em parâmetros brasileiros, destaca-se o consumo de produtos como hambúrgueres e mortadelas, que contribuem com aproximadamente 25% da ingestão diária recomendada de sódio pela OMS em uma porção (BRASIL, 2012).

Devido a este panorama, em 2007, criou-se um termo de cooperação entre o Ministério da Saúde e a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA), para que sejam trabalhadas propostas para a reformulação dos alimentos processados (NILSON; JAIME; RESENDE, 2012), dentre elas a redução do teor de sódio em produtos cárneos, de forma que o consumo de sal da população atingisse valores inferiores a 5 g por dia até 2020 (BRASIL, 2013).

2.2. REDUÇÃO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS

O consumo de carnes, devido às suas propriedades nutricionais (proteína de alto valor biológico, vitaminas do complexo B, minerais como ferro e zinco), é essencial para uma dieta equilibrada, sendo importante para o crescimento e manutenção das funções corporais (FERNANDES et al, 2018). A busca por alimentos industrializados e de fácil preparo, como carnes reestruturadas ou moldadas, tem aumentado com o aceleramento do ritmo urbano, trazendo vantagens para a indústria (TESTA, 2016).

Entre os produtos cárneos industrializados, o hambúrguer é a escolha de muitos consumidores por ser um produto de baixo custo, fácil preparo e com características sensoriais atrativas (HAUTRIVE et al., 2018). No entanto, o hambúrguer comercializado no Brasil apresenta em média 701 mg sódio/100 g de produto, se enquadrando nas 26 categorias de alimentos industrializados que, em uma porção, correspondem a aproximadamente 25% da ingestão diária recomendada de sódio pela OMS, contribuindo assim, para o elevado consumo de sódio do brasileiro (BRASIL, 2012).

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer, o hambúrguer é um produto cárneo industrializado obtido da carne moída, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes (BRASIL, 2000), dentre eles o cloreto de sódio.

Em produtos cárneos, o NaCl é um componente utilizado para melhorar o sabor, a segurança e a textura do produto (RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005). O sal promove interações proteína-solvente, que aumenta a capacidade de retenção de água (CRA). Ocorre um deslocamento do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, pela interação de cargas positivas em proteínas pelo íon Cl⁻. Isto faz com que a miosina aumente o número de cargas

em sua superfície, causando repulsão eletrostática interpeptídica, que leva a uma interação mais forte entre proteína e água (DESMOND, 2006).

Além disso, uma das funções do sal é possibilitar a extração e solubilização de parte das proteínas miofibrilares, o que leva a formação de uma força iônica no meio e condições adequadas para o estabelecimento de uma rede tridimensional. Dessa forma, quando o meio é aquecido, as proteínas solubilizadas pelo sal formam uma estrutura firme, conferindo textura desejada (ORDOÑEZ, 2005). No entanto, de acordo com Ruusunen et al. (2005), é mais fácil obter hambúrgueres reduzidos em sódio com uma textura semelhante à um produto convencional do que produtos com sabor agradável para os consumidores. Assim, nesta categoria de produto, a influência da redução do teor de sal nas características sensoriais e aceitação parece ser mais restritiva em relação aos efeitos sobre a textura.

Assim, a percepção de sabor salgado conferida pelo NaCl, é uma das características mais importantes, visto que, quando a quantidade de sal é reduzida, a intensidade do sabor característico diminui (RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005). Ademais, além de conferir seu sabor específico, tornando produtos não-palatáveis em alimentos com sabor agradável e apreciado, o sal pode atuar benéficamente atenuando características indesejáveis, como a presença de gosto amargo em produtos cárneos. Além disso, o efeito sensorial do sal pode variar de acordo com as características e ingredientes de cada produto. Segundo Ruusunen, Simolin e Puolanne (2001), que estudaram teores variáveis de gordura em salsichas, a percepção de salgado foi maior nas formulações com alto teor de gordura e, conseqüentemente, baixo teor de proteína carne.

À vista disso, a redução de sal é um grande desafio a ser enfrentado pela indústria cárnea, pois existem poucas opções para desenvolver um produto com as mesmas características sensoriais que o sal fornece, além de ser um dos ingredientes de menor custo (DESMOND, 2006). Portanto, estratégias atuais para reduzir a quantidade de sal em alimentos processados estão sendo colocadas em prática, como a redução gradativa da concentração de sal comumente utilizada; substituição parcial ou total do NaCl por sais não-sódicos e fosfatos; alteração no formato e redução do tamanho dos cristais de cloreto de sódio; além do uso de especiarias e realçadores de sabor (INGUGLIA et al., 2017).

2.3. REALÇADORES DE SABOR

Realçadores de sabor são aditivos alimentares que proporcionam o gosto umami (BAINES; BROWN, 2016). Umami é considerado o quinto gosto básico, um gosto saboroso,

agradável, produzido por vários compostos que são encontrados naturalmente em muitos alimentos, como cogumelos, peixes, carnes e produtos lácteos (ZHANG et al., 2013).

O primeiro relato de obtenção de um composto umami ocorreu em 1886, pelo alemão Karl Ritthausen, que isolou o ácido glutâmico de um hidrolisado ácido de glúten de trigo. Contudo, as propriedades de realçar o sabor só foram observadas quarenta e dois anos depois, em 1908, pelo Professor Kikunae Ikeda, que descobriu o gosto atribuído pelo glutamato monossódico (GMS) a partir do caldo de kombu (*Laminaria japonica*), alga marinha utilizada na culinária japonesa (BAINES; BROWN, 2016).

Em 1913, o sal dissódico do ácido inosínico (IMP) foi descoberto como intensificador de sabor pelo pesquisador Shintaro Kodama, em peixes do tipo bonito. Já o sal dissódico do ácido guanílico (GMP), só teve seu significado descoberto em 1960 por Akira Kuninaka, após verificar que o caldo derivado de cogumelos shiitake dava sabor aos alimentos (BAINES; BROWN, 2016). Em conjunto, o GMS, o IMP e o GMP, são considerados as principais substâncias do gosto umami, que só foi reconhecido cientificamente como o quinto gosto básico no ano 2000, quando pesquisadores da Universidade de Miami verificaram a existência de receptores específicos para esse gosto nas papilas gustativas (ZHANG et al., 2013).

O gosto umami é capaz de produzir salivação, liberando suco gástrico que contém enzimas com a função de digerir proteínas para disponibilizar aminoácidos essenciais para o organismo (BAINES; BROWN, 2016). O uso desses compostos pode estar associado a reformulação de produtos que tem como alvo a redução de sódio, agindo como um intensificador do gosto salgado, a fim de contrabalancear a perda de palatabilidade sensorial causada pela remoção ou substituição do sal (GAUDETTE, 2018).

Os realçadores de sabor permitidos pela legislação brasileira para uso em produtos cárneos industrializados frescos são ácido glutâmico, glutamato monossódico, glutamato de potássio, diglutamato de cálcio, glutamato monoamônico, glutamato de magnésio, guanilato dissódico, 5-guanilato de potássio, 5-guanilato de cálcio, ácido inosínico, inosinato dissódico, inosinato de potássio e 5-inosinato de cálcio (BRASIL, 2019).

Estudo realizado por Santos et al. (2014), com salsichas cozidas fermentadas com substituição de 50% e 75% de NaCl por KCl, mostrou que foi possível mascarar o sabor desagradável causado pela redução de sal e adição de KCl com realçadores de sabor, através da adição de GMS, IMP, GMP, lisina e taurina. Em outro trabalho, realizado por Ribeiro et al. (2016), avaliou-se o poder do GMS, IMP, glutamato monoamônico e guanilato dissódico (I + G) quanto à intensificação do gosto salgado em carne moída com redução de 25% de sódio, e

verificou-se que o GMS foi o realçador que obteve a maior intensidade de sabor salgado em comparação com as amostras analisadas.

2.4. COGUMELOS E RESÍDUOS DA PRODUÇÃO

Os cogumelos são alimentos apreciados em todo o mundo, tanto pela sua relevância gastronômica, quanto pelo seu potencial medicinal (FURLANI; GODOY, 2005). Em especial, os cogumelos são fontes ricas de compostos umami (POOJARY et al., 2017a; POOJARY et al., 2017b, DERMIKI et al., 2013; PHAT; MOON; LEE, 2016), devido à presença de peptídeos, aminoácidos e nucleotídeos (KONG et al., 2018).

Nas últimas décadas houve um desenvolvimento considerável em biotecnologia de cogumelos, pesquisas de reprodução e conhecimento prático, o que levou à ampliação no cultivo de cogumelos comestíveis (ZHANG et al., 2013). Em vista disso, os mesmos tiveram sua produção mundial consideravelmente aumentada nos últimos anos, atingindo mais de 10 milhões de toneladas em 2017, número cinco vezes maior que o produzido na década de 90 (FAO, 2019).

De acordo com os dados FAOSTAT, o maior produtor mundial de cogumelos é a China, representando dois terços do total da produção mundial, seguida pelos EUA (FAO, 2019). No Brasil, o aumento na produção de cogumelos também tem sido observado para atender a atual demanda crescente da população. Dentre as espécies de cogumelos, destacam-se *Agaricus bisporus* (champignon) e *Lentinula edodes* (shiitake), que estão entre as mais cultivadas no Brasil e consumidas no mundo (SILVA et al., 2018; ZHANG et al., 2013).

Como consequência do relevante aumento na produção e consumo de cogumelos, observa-se um aumento no volume de resíduos gerados, decorrente das etapas de colheita e processamento, compostos principalmente pelo estipe (a base do cogumelo), que representa de 25-33% do peso do produto (CHOU; SHEIH; FANG, 2013). Com base na produção mundial de cogumelos em 2013 (34 milhões de toneladas), o volume deste resíduo pode resultar em 8,5 a 11,2 milhões de toneladas por ano no mundo, sendo usualmente descartado na natureza, destino que representa um sério problema ambiental, além de não gerar ganhos econômicos para o produtor ou para a indústria (ROYSE; BAARS; TAN, 2016).

No entanto, de acordo com alguns estudos (POOJARY et al., 2017b, CHO, CHOI, KIM et al., 2010) os estipes de cogumelo também contêm teores consideráveis de compostos umami, que podem servir como matéria-prima para a obtenção de ingredientes realçadores de sabor naturais, seguindo a tendência atual de desenvolvimento de alimentos isentos de aditivos.

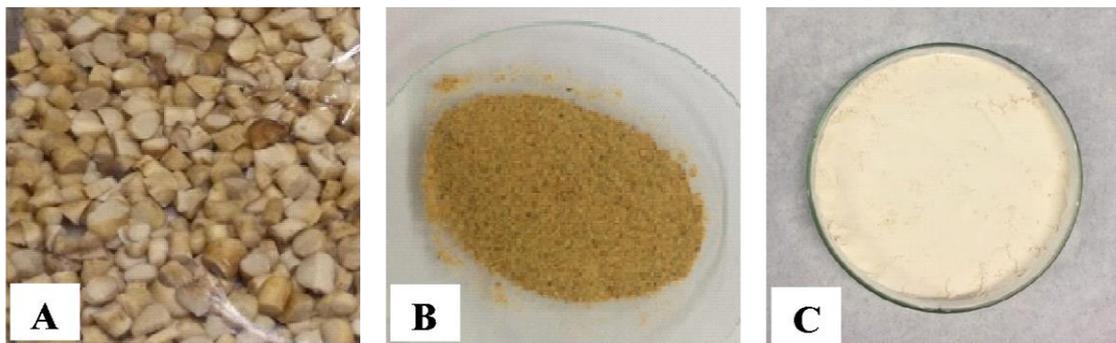
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. OBTENÇÃO DO REALÇADOR DE SABOR NATURAL OBTIDO A PARTIR DE ESTIPE DE COGUMELO

Subprodutos de cogumelo (estipes de shiitake) foram doados por produtores da cidade de Botucatu-SP. Após a colheita, os estipes foram congelados e transportados em caixas térmicas até a Planta de Processamento de Alimentos da UFSCar – *campus* Lagoa do Sino. O material foi lavado com água corrente, sanitizado com hipoclorito de sódio a 200 ppm durante 10 minutos, lavado novamente com água corrente e branqueado com vapor de água por 3 minutos. Após o branqueamento (Figura 1A), as amostras foram levadas para a secagem em estufa com renovação de ar a 70 °C, durante 12 horas. A amostra seca foi moída em moinho de martelo, peneirada em peneira de 40 mesh (420 µm) (Figura 1B), acondicionada em embalagens a vácuo e armazenada em temperatura ambiente até o momento da extração.

Para a extração dos compostos umami, 1 g de estipe de cogumelo em pó foi adicionado de 20 mL de água, sendo esta solução mantida sob agitação por 30 minutos a temperatura ambiente. Este procedimento de extração foi determinado através de estudo prévio de otimização (HARADA-PADERMO et al., 2020). Assim, 1 g de estipe de shiitake em pó e 20 mL de solvente (água destilada) foram mantidos em agitação por 30 minutos a temperatura ambiente. Em seguida o material foi filtrado e desidratado em spray dryer para posterior aplicação em hambúrgueres bovinos. Para produzir o extrato em pó (Figura 1C), a maltodextrina (material de parede, Ingredion DE-20) foi solubilizada no extrato de shiitake para obter a concentração de 20 g de sólidos do extrato/100 g de sólidos totais. A mistura foi agitada e desidratada em um spray dryer de escala laboratorial (Mini Spray Dryer Buchi B-290). As condições de secagem foram: temperatura de entrada de 170±1 °C, temperatura de saída de 84±2 °C, taxa de alimentação da amostra de 9,4 mL/min, bico atomizador de 0,7 mm de diâmetro, taxa de aspiração de 35 m³/h, pressão de atomização de 0,75 bar, temperatura ambiente de 23 °C, umidade do ar ambiente de 35 - 45%.

Figura 1 - Estipes do cogumelo shiitake após a higienização (A), após a secagem e moagem (B) e extrato de estipe de shiitake após atomização – realçador de sabor natural (C)



Fonte: autoria própria

3.1.1. Caracterização do realçador de sabor natural obtido a partir de estipe de cogumelo

A fim de caracterizar o realçador de sabor obtido, realizaram-se as determinações de pH (em solução aquosa do ingrediente a 10% (m:v)), atividade de água (analisador AquaLab 4TE, em amostras estabilizadas a 25 °C) e cor instrumental (em colorímetro Minolta, através da determinação dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde), b* (intensidade de amarelo/azul)), todas em triplicata. Além disso, realizou-se a quantificação de aminoácidos livres e de compostos voláteis das amostras do realçador de sabor natural, especificadas nos itens 3.8 e 3.9, respectivamente.

3.2. ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES BOVINOS

Para avaliar o potencial do realçador de sabor natural na melhoria da qualidade de hambúrguer bovino com redução de sódio, um estudo preliminar foi desenvolvido para determinar os níveis de redução de sal dos hambúrgueres bovinos. A partir disto, neste estudo foram avaliadas concentrações de 1,24% de sal (redução de 35% (R1)), 0,91% de sal (redução de 52,5% (R2)) e 0,57% de sal (redução de 70% (R3)). Formulações com estes 3 níveis de redução de sal receberam duas diferentes concentrações de realçador de sabor natural (1% (S1) e 2% (S2)), selecionadas em pré-testes. Além disso, uma amostra controle (1,90% de sal (C)), determinada de acordo com a média do teor de sódio de 5 marcas hambúrgueres bovinos disponíveis nos mercados brasileiros (conforme informado em suas tabelas de informação nutricional) foi realizada, totalizando 7 formulações.

Para a elaboração dos hambúrgueres, utilizou-se acém bovino, gordura bovina, água, sal, realçador de sabor natural, pimenta preta, alho em pó, cebola em pó e eritorbato de sódio (Tabela 1).

Tabela 1 - Formulação dos hambúrgueres

Tratamentos	Ingredientes (%)				
	Carne bovina	Gordura bovina	Sal	RSN	Água
C	75	15	1,9	-	7,40
R1S1	75	15	1,24	1	7,06
R1S2	75	15	1,24	2	6,06
R2S1	75	15	0,91	1	7,39
R2S2	75	15	0,91	2	6,39
R3S1	75	15	0,57	1	7,73
R3S2	75	15	0,57	2	6,73

RSN: realçador de sabor natural.

Aditivos e temperos adicionados em todas as amostras (%): 0,3% de cebola em pó, 0,3% de alho em pó; 0,05% de pimenta preta, 0,05% de eritorbato de sódio.

O acém passou pelo processo de retirada de excesso de gordura e tecido conectivo aparente, antes da moagem. A carne e a gordura foram moídas separadamente em moedor com disco de 5 mm. Após a moagem, adicionou-se a água e o sal à carne moída, procedendo-se então a mistura manual destes 3 ingredientes por 5 minutos. Em seguida, foram adicionados os demais ingredientes (aditivos, condimentos, realçador de sabor natural e gordura) e misturados por mais 3 min. Porções de 90 g da massa cárnea foram moldadas manualmente utilizando moldes de hambúrguer (10 cm de diâmetro e 1 cm espessura). Foram elaborados 6 hambúrgueres de cada tratamento, em cada lote (bloco). Posteriormente, amostras cruas foram avaliadas quanto à cor, pH e atividade de água, sendo posteriormente embaladas e congeladas. As análises das amostras cozidas foram realizadas 24 h após o processamento. O cozimento ocorreu em chapa elétrica (150 °C), até que a temperatura interna do hambúrguer atingisse 75 °C.

3.3. REDUÇÃO DO DIÂMETRO (RD)

A redução do diâmetro foi determinada em 3 hambúrgueres de cada tratamento, a partir do diâmetro dos hambúrgueres antes (DI) e após o cozimento (DF) (Eq. 1).

$$\% \text{ Redução do diâmetro} = \frac{DI - DF}{DI} * 100 \text{ (1)}$$

3.4. PERDA DE PESO POR COZIMENTO (PPC)

A PPC foi obtida a partir do peso dos hambúrgueres antes (PI) e após o cozimento (PF), de acordo com a American Meat Science Association - AMSA (1978) (Eq. 2). A perda de peso foi realizada em 3 hambúrgueres de cada tratamento.

$$\% \text{ Perda de peso por cozimento} = \frac{PI - PF}{PI} * 100 \quad (2)$$

3.5. COR

Para a determinação da cor dos hambúrgueres utilizou-se um colorímetro Colorium 7 (Delta Color) com iluminante D65. O equipamento foi calibrado em porcelana branca padrão e os parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde), b* (intensidade de amarelo/azul) do sistema CIELab foram determinados em 3 hambúrgueres de cada tratamento, tanto nos hambúrgueres crus, como nos cozidos (parte interna), após os mesmos terem atingido a temperatura ambiente (25 °C), com 3 leituras em cada hambúrguer.

3.6. pH

A determinação do pH foi realizada em hambúrgueres crus e cozidos, utilizando pHmetro com eletrodo de penetração de corpo de vidro (MS Tecnopon, modelo MPA-210), com compensação automática de temperatura, em 3 amostras de cada tratamento, com leitura em 3 diferentes pontos.

3.7. ANÁLISE DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)

A análise de perfil de textura foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Selani et al. (2016) em texturômetro TA-XT Plus (Stable Micro Systems, Godalming, United Kingdom). Previamente às análises, as amostras foram cozidas (item 3.2), resfriadas a 25 °C e então analisadas. Amostras cilíndricas (2,5 cm de diâmetro) foram cortadas dos hambúrgueres cozidos e comprimidas 2 vezes a 75% de sua altura original, a uma velocidade constante de 20 cm/min, utilizando um probe cilíndrico de 3,6 cm de diâmetro (Probe SMS P/36R). Os parâmetros analisados foram: dureza, coesividade, elasticidade, mastigabilidade. A análise foi realizada em 3 hambúrgueres de cada tratamento, com 3 cilindros de cada hambúrguer.

3.8. AMINOÁCIDOS LIVRES

A quantificação de aminoácidos foi realizada em duplicata nas amostras do realçador de sabor natural e dos hambúrgueres. A extração seguiu o protocolo descrito por Lorenzo et al. (2015) com algumas modificações. Cinco gramas de amostra foram homogeneizados com 25 mL de HCl 0,1 N em um Ika Ultra-Turrax por 8 minutos, enquanto as amostras eram mantidas em um banho de gelo. As amostras homogeneizadas seguiram para centrifuga por 20 minutos (4°C a 10000g) e, em seguida, o sobrenadante foi filtrado em lã de vidro. Para realizar a desproteinização das amostras, foram misturados 800 µL de acetonitrila a 200 µL do filtrado, deixando repousar por 30 minutos sob refrigeração. A amostra desproteinizada foi centrifugada por 5 minutos (4 ° C a 10000g) e filtrada através de filtros de 0,45 µm. Os aminoácidos foram derivatizados com 6-aminoquinolil-N-hidroxissuccinimidil carbamato (kit de reagentes Waters AccQ-Fluor). O reagente em pó foi dissolvido em 1 mL do reagente diluente, agitado até se dissolver completamente e deixado por 10 minutos a 55 °C. Em um vial, foram adicionados 10 µL da amostra desproteinizada e filtrada, 70 µL de tampão borato AccQ-Fluor e 20 µL do reagente em pó já diluído. Os frascos foram agitados e aguardou-se 1 minuto para que fossem levados à estufa a 55 °C por, exatamente, 10 minutos. Por fim, as amostras foram analisadas por CLAE-FR com um detector de fluorescência, equipado com uma coluna de análise de aminoácidos Waters AccQ-Tag. Os resultados foram expressos em mg/100 g de matéria seca.

3.9. PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

A extração dos compostos voláteis foi realizada por microextração em fase sólida (SPME), utilizando fibra de sílica fundida (comprimento de 10 mm) coberta com DVB/CAR/PDMS (divinilbenzeno/carboxeno/polidimetilsiloxano) (Supelco), com espessura de 50/30 mm. A determinação foi realizada por cromatografia gasosa (CG) (modelo 7890B, Agilent Technologies) acoplada à espectrometria de massa (EM) (modelo 5977B, Agilent Technologies), utilizando uma coluna capilar DB-624 (30 m, 0,25 mm d.i., 1,4 µm espessura de filme).

Para extração, 1 g de cada amostra foi colocada em um frasco de 20 mL, que foi posteriormente fechado com uma tampa contendo um disco laminado de borracha em seu interior. A extração, condicionamento, injeção e condições cromatográficas foram determinadas conforme o descrito por Domínguez et al. (2019). Os compostos foram identificados comparando seus espectros de massa com os contidos na biblioteca NIST14

(National Institute of Standards and Technology) (fator de correspondência > 85%) e/ou comparando seus espectros de massa e tempo de retenção com padrões autênticos (Supelco) e/ou pelo cálculo do índice de retenção relativo a uma série de alcanos padrão (C5-C14, Supelco) (para calcular o índice de retenção linear) e/ou pela confirmação com dados descritos na literatura. Os resultados foram expressos em unidades de área (UA) $\times 10^4$ /g de amostra.

3.10. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE DADOS

Os hambúrgueres foram elaborados seguindo um delineamento de blocos completos, com dois blocos (cada bloco corresponde a um processamento independente). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando “tratamento” e “blocos” como fontes de variação. Quando a fonte de variação “tratamento” foi significativa, um teste de Tukey foi aplicado para comparação de médias dos tratamentos. Em todas as análises foi considerado 5% de significância. Os dados foram analisados no software R, versão 3.5.1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO REALÇADOR DE SABOR NATURAL OBTIDO A PARTIR DE ESTIPE DE COGUMELO

O realçador de sabor natural (RSN) apresentou um pH de $5,55 \pm 0,01$. De acordo com um estudo prévio a este experimento, o shiitake seco nas mesmas condições deste estudo apresentou um valor de pH de 5,90 (dado não publicado), ligeiramente mais alto que o encontrado no ingrediente umami. Esta redução do pH pode estar relacionada à presença da maltodextrina no RSN, que, segundo o estudo de Lee, Eun e Hwang (2016), apresenta um pH de 4,85.

Em relação ao valor de atividade de água, o valor encontrado no presente estudo ($0,349 \pm 0,002$) apresenta-se abaixo do encontrado no shiitake seco (0,444, dado não publicado), devido ao processo de atomização. Destaca-se que o realçador de sabor natural apresenta atividade de água abaixo de 0,6, inviabilizando o crescimento microbiano e retardando a ocorrência de reações enzimáticas e não enzimáticas.

Quanto à coloração, observa-se um valor de L^* alto ($90,56 \pm 0,37$), indicando que o ingrediente tem coloração clara, o que é positivo, uma vez que ingredientes com cor escura poderiam limitar potenciais aplicações alimentícias. Em relação aos outros parâmetros de cor, o realçador de sabor natural apresentou valor de a^* de $4,57 \pm 0,02$ e valor de b^* de $17,97 \pm 0,05$, mostrando que o ingrediente apresenta ligeira coloração amarela, como pode ser observado na Figura 1C.

O conteúdo total de aminoácidos livres da amostra de realçador de sabor foi de 956,36 mg/100 g (base seca), apresentando 17 aminoácidos, conforme mostrado na Tabela 2. O ácido glutâmico, a prolina e a alanina foram os aminoácidos mais abundantes no RSN. De acordo com Zhang et al. (2013), o gosto umami típico dos cogumelos é atribuído à presença de aminoácidos tipo GMS, como os ácidos aspártico e glutâmico.

Segundo Yang, Lin e Mau (2001), o conteúdo de aminoácidos tipo GMS pode ser dividido em três faixas: baixa (<5 mg/g), média (5-20 mg/g) e alta (> 20 mg/g). Assim, o conteúdo de aminoácidos tipo GMS no RSN (1,58 mg/g de matéria seca) se enquadra na faixa baixa. Entretanto, a quantidade encontrada neste estudo excede a relatada para extratos de shiitake obtidos em diferentes condições de extração (0,20 a 0,36 mg de aminoácidos de gosto umami/g de extrato) (DERMIKI et al., 2013b). Em estudo conduzido por Chen et al. (2015), o mesmo conteúdo de aminoácidos de gosto umami (1,58 mg/g de matéria seca) foi relatado em

estipes de cogumelos shiitake em seu último estágio de crescimento. Valores semelhantes também foram observados por Yang, Lin e Mau (2001) e Yang et al. (2019) em duas cepas (271 e Tainung 1) de cogumelos shiitake (1,71 e 1,93 mg/g de matéria seca) e em cogumelos shiitake secos a 70°C (1,30 mg/g de matéria seca), respectivamente. De acordo com Zhang et al. (2013), a variação no conteúdo de aminoácidos livres em cogumelos está inteiramente relacionada com a localização geográfica, estágio de maturação, condições de cultivo, parte do cogumelo utilizado, condição de armazenamento e de secagem, entre outros.

Tabela 2 - Aminoácidos livres (mg/100 g base seca) do realçador de sabor natural

Aminoácidos	RSN	EP
Ácido aspártico	20,19	2,32
Serina	51,55	5,60
Ácido glutâmico	137,55	13,59
Glicina	28,43	4,16
Histidina	89,01	10,66
Arginina	22,21	1,85
Treonina	36,17	2,94
Alanina	105,39	11,69
Prolina	137,53	16,47
Cisteína	18,15	1,58
Tirosina	8,39	1,08
Valina	78,34	9,93
Metionina	21,82	2,75
Lisina	6,38	0,32
Isoleucina	54,14	6,99
Leucina	86,79	11,53
Fenilalanina	54,87	7,84
<i>Não essencial</i>	529,36	58,31
<i>Essencial</i>	427,50	52,95
<i>Total</i>	956,86	111,26
<i>Características de gosto</i>		
Umami ¹	157,74	15,21
Doce ²	359,06	40,85
Amargo ³	407,16	51,54
Insípido ⁴	14,77	1,40

RSN: realçador de sabor natural; EP: erro padrão da média.

¹ Gosto umami = \sum de ácido glutâmico e ácido aspártico.

² Gosto doce = \sum de alanina, glicina, treonina, serina e prolina.

³ Gosto amargo = \sum de leucina, valina, isoleucina, metionina, arginina, histidina e fenilalanina.

⁴ Insípido = \sum de lisina e tirosina.

A Tabela 3 mostra os compostos voláteis detectados na amostra de realçador de sabor natural. Foram identificados 42 compostos, os quais foram agrupados nas seguintes famílias químicas: hidrocarbonetos (11), cetonas (7), aldeídos (6), álcoois (4), ésteres (3), terpenos (3), aminas (2), ácidos (2), compostos sulfurados (2), éteres (1) e lactonas (1).

Muitos compostos voláteis são formados a partir de reações que estão relacionadas ao processamento em temperaturas elevadas, como as reações de Maillard e de degradação de Strecker de aminoácidos livres (TIAN et al., 2016). Desta forma, a secagem em estufa dos estipes de shiitake para a produção do ingrediente realçador de sabor natural certamente promoveu mudanças no perfil de compostos voláteis da amostra. Outros compostos voláteis são comumente formados através de reações de oxidação química ou enzimática de ácidos graxos insaturados, bem como pelas interações com proteínas, peptídeos e aminoácidos livres (SUN et al., 2020).

Compostos com oito carbonos são os principais voláteis encontrados em cogumelos frescos, como o 1-octeno-3-ol, responsável por um aroma forte, doce e terroso (WU; WANG, 2000). No entanto, o extrato de shiitake analisado não apresentou nenhum composto contendo oito carbonos, o que pode estar relacionado à decomposição térmica durante a secagem da amostra em estufa. Similarmente, Xu et al. (2019), Tian et al. (2019) e Dermiki et al. (2013a) reportaram a diminuição ou o desaparecimento desses compostos com o aumento de temperatura durante o processo de secagem dos cogumelos shiitake.

Compostos sulfurados também estão presentes em quantidades significativas em cogumelos frescos, incluindo compostos de cadeias lineares, como o dissulfeto de dimetila e o trissulfeto de dimetila, e compostos cíclicos, especialmente o 1,2,4-tritiolano, 1,2,4,5-tetratiano e lecionina (WU; WANG, 2000). No entanto, nenhum desses compostos foi encontrado no presente estudo, o que também pode estar relacionado ao uso de altas temperaturas no preparo do realçador de sabor natural, resultando em degradação térmica. Esta hipótese foi verificada por Dermiki et al. (2013a), que relataram que o extrato aquoso de shiitake preparado a 70 °C apresentou menor teor de compostos sulfurados em comparação ao preparado a 22 °C. Dissulfeto de carbono e dimetilsulfona foram os compostos sulfurados identificados nas amostras do presente estudo, os quais também foram detectados em estudo anterior com shiitake seco (Zhang et al., 2020).

O composto volátil lecionina foi caracterizado por ser o responsável pelo aroma do cogumelo shiitake (WU; WANG, 2000). Segundo Ito et al. (1978), quando o cogumelo seco é imerso em água, a lecionina é liberada e, em seguida, se decompõe em dissulfeto de carbono,

que foi encontrado em quantidade considerável na amostra realçador de sabor natural deste estudo.

Tabela 3 – Compostos voláteis (área média $\times 10^4$) do realçador de sabor natural

Compostos voláteis	RT	LRI	R	RSN	EP
<i>Aldeídos</i>					
Butanal, 3-metil-	9,91	671	<i>ms, lri</i>	3,19	0,26
Butanal, 2-metil-	10,51	682	<i>ms, lri</i>	2,29	0,88
Pentanal	13,06	732	<i>ms, lri, s</i>	0,37	0,08
Hexanal	19,28	853	<i>ms, lri, s</i>	3,41	0,83
Heptanal	24,22	949	<i>ms, lri, s</i>	0,94	0,11
Nonanal	32,22	1105	<i>ms, lri, s</i>	2,56	0,03
<i>Alcoóis</i>					
1-Pentanol	18,41	836	<i>ms, lri</i>	0,16	0,16
2,3-Butanodiol	21,29	892	<i>ms, lri</i>	9,40	0,29
(S)-(+)-1,2-Propanodiol	21,68	900	<i>ms</i>	4,27	0,14
Etanol, 2-fenoxi-	37,61	1210	<i>ms</i>	6,38	0,57
<i>Cetonas</i>					
Acetona	3,42	544	<i>ms, lri</i>	12,87	7,84
2-Heptanona	23,90	943	<i>ms, lri</i>	0,16	0,01
Pirolol[3,2-d]pirimidin-2,4(1H,3H)-diona	27,24	1008	<i>ms, lri</i>	10,91	0,39
3,6-Heptanodiona	27,70	1017	<i>ms</i>	0,39	0,08
2(5H)-Furanona	27,72	1017	<i>ms</i>	1,78	0,09
2-Nonanona, 3-(hidroximetil)-	31,89	1099	<i>ms</i>	0,35	0,00
2H-Piran-2-one, tetra-hidro-	33,26	1125	<i>ms</i>	0,04	0,02
<i>Hidrocarbonetos</i>					
Pentano	2,79	532	<i>ms, lri, s</i>	13,75	4,03
Cloreto de metileno	4,04	557	<i>ms</i>	0,37	0,37
n-Hexano	5,00	575	<i>ms, lri, s</i>	519,12	184,60
Propano, 2-nitro-	5,01	575	<i>ms</i>	262,97	97,77
Metano, oxibis[dicloro-	7,51	624	<i>ms, lri</i>	35,44	4,17
Butano, 2,2,3,3-tetrametil-	9,61	665	<i>ms</i>	19,18	3,45
Heptano	10,51	682	<i>ms, lri, s</i>	1,42	0,90
Heptano, 2,4-dimetil-	17,18	682	<i>ms</i>	12,61	5,19
Nonano	22,35	913	<i>ms, lri, s</i>	6,81	0,37
Decano	26,70	997	<i>ms, lri, s</i>	5,28	1,57
Benzeno, 1,3-bis(1,1-dimetil-)	36,57	1190	<i>ms</i>	27,98	1,72
<i>Ésteres</i>					
Ácido bórico, dietil-, éster metílico	4,08	557	<i>ms</i>	0,42	0,07
Acetato de etila	6,88	612	<i>ms, lri</i>	3,14	1,03
Ácido 5-oxotetrahidrofurano-2-carboxílico, éster etílico	32,81	1116	<i>ms</i>	2,87	0,41
<i>Éteres</i>					
Éter Dimetil	2,90	534	<i>ms, lri</i>	100,95	30,07
<i>Terpenos</i>					
Biciclo[3,1,0]hex-2-eno, 2-metil-5-(1-metiletil)-	24,35	952	<i>ms</i>	12,38	1,39
Biciclo[3,1,0]hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metiletil)-	26,43	992	<i>ms</i>	5,10	0,90
D-Limonene	28,46	1032	<i>ms, lri</i>	5,40	1,03
<i>Aminas</i>					
Metilamina, N,N-dimetil-	2,18	520	<i>ms</i>	0,43	0,43
1H-Tetrazol-5-amina	31,91	1099	<i>ms</i>	0,36	0,04
<i>Ácidos</i>					
Ácido acético	11,20	696	<i>ms, lri</i>	314,38	1,89
Ácido pentanoide	29,20	1046	<i>ms, lri</i>	3,74	2,31

<i>Lactonas</i>					
Butirolactona	27,58	1015	<i>ms, lri</i>	3,45	0,16
<i>Compostos sulfurados</i>					
Dissulfeto de carbono	3,63	549	<i>ms, lri</i>	14,72	5,96
Dimetilsulfona	28,90	1040	<i>ms, lri</i>	39,23	1,98

RT: tempo de retenção; LRI: índice de retenção linear calculado para coluna capilar DB-624 (J&W scientific: 30 m × 0,25 mm d.i., espessura de filme 1,4 µm) instalado em um cromatógrafo de gás equipado com um detector seletivo de massa; R: Confiabilidade da Identificação; lri: índice de retenção linear de acordo com a literatura (DE CARVALHO et al., 2020; DOMÍNGUEZ et al., 2015; DOMÍNGUEZ et al., 2019; LÓPEZ-PEDROUSO et al., 2019; LORENZO; CARBALLO, 2014; MERLO et al., 2020; PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA et al., 2018a; PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA et al., 2018b); ms: espectro de massas em concordância com a base de dados de massa (NIST14); s: espectro de massas e tempo de retenção idêntico ao de um padrão autêntico; EP: erro padrão da média.

De acordo com Wu e Wang (2000), o cogumelo shiitake seco é mais aromático do que o cogumelo fresco e, portanto, o produto seco é mais utilizado em pratos com frango, porco ou vegetais. Dermiki et al. (2013a) notou que os compostos responsáveis pelo sabor típico de shiitake estavam presentes em maior quantidade no extrato de temperatura mais baixa, enquanto o extrato preparado em temperatura mais alta apresentava mais compostos de gosto umami.

4.2. ANÁLISE DOS HAMBÚRGUERES BOVINOS

4.2.1. Cor, pH e atividade de água

A cor de produtos cárneos é um dos parâmetros de qualidade que deve ser controlado, já que influencia na decisão final do consumidor (KURT; GENÇCELEP, 2018). Conforme os dados apresentados na Tabela 4, a adição de realçador de sabor natural em todos os níveis não afetou significativamente a luminosidade (L^*), a intensidade de cor vermelha (a^*) e a intensidade de cor amarela (b^*) dos hambúrgueres crus. Corroborando com os resultados deste estudo, Patinho et al. (2019) não encontrou alteração significativa nos valores de L^* e b^* em hambúrgueres crus com redução de sódio e adição de cogumelo *Agaricus bisporus* cozido. Van Ba et al. (2016) também verificou que a adição de extrato de subprodutos de shiitake não teve efeito sobre a luminosidade e a intensidade de vermelho em embutidos fermentados.

Após o processo de cozimento dos hambúrgueres, foi observado um aumento significativo na luminosidade dos tratamentos R3S1 e R3S2 em relação ao controle, possivelmente ocasionado pela maior redução de sódio (70%) (Tabela 4). De acordo com Baublits et al. (2006), um aumento nos valores de L^* com a diminuição na concentração de sal pode ser decorrente de uma menor força iônica, resultando em menor retenção de água e, conseqüentemente, em um produto de coloração mais clara. Em estudo feito por dos Santos et

al. (2014), foi verificado que produto cárneo fermentado com redução de sódio intensa (75%) e adição de cloreto de potássio e glutamato monossódico apresentaram aumento nos valores de L^* em relação ao controle. Já Akesowan (2016) relatou aumento na luminosidade de nuggets de frango formulados com pó de cogumelo shitake.

Tabela 4 - Média \pm erro padrão dos valores de cor, pH e atividade de água (A_w) dos hambúrgueres crus e cozidos

Tratamentos	Cor instrumental			pH	A_w
	L^*	a^*	b^*		
Hambúrguer cru					
C	45,51 \pm 2,29 ^a	13,46 \pm 2,44 ^a	14,06 \pm 0,71 ^a	5,60 \pm 0,06 ^b	0,979 \pm 0,002 ^c
R1S1	46,24 \pm 1,24 ^a	12,89 \pm 2,30 ^a	13,47 \pm 1,96 ^a	5,63 \pm 0,06 ^{ab}	0,985 \pm 0,000 ^{ab}
R1S2	44,83 \pm 1,55 ^a	12,76 \pm 1,89 ^a	13,56 \pm 1,55 ^a	5,64 \pm 0,05 ^{ab}	0,982 \pm 0,001 ^{bc}
R2S1	44,54 \pm 1,81 ^a	12,64 \pm 1,72 ^a	13,80 \pm 1,30 ^a	5,67 \pm 0,07 ^a	0,986 \pm 0,000 ^{ab}
R2S2	43,98 \pm 0,42 ^a	12,08 \pm 1,36 ^a	12,85 \pm 0,80 ^a	5,66 \pm 0,07 ^a	0,984 \pm 0,002 ^{abc}
R3S1	45,15 \pm 0,71 ^a	11,85 \pm 1,68 ^a	13,12 \pm 0,57 ^a	5,68 \pm 0,04 ^a	0,989 \pm 0,001 ^a
R3S2	44,42 \pm 0,74 ^a	11,11 \pm 0,89 ^a	12,74 \pm 0,42 ^a	5,67 \pm 0,05 ^a	0,987 \pm 0,001 ^{ab}
Hambúrguer cozido					
C	49,22 \pm 3,36 ^b	5,04 \pm 0,07 ^a	13,10 \pm 0,50 ^b	6,03 \pm 0,04 ^a	0,962 \pm 0,000 ^a
R1S1	51,57 \pm 3,66 ^{ab}	5,35 \pm 0,37 ^a	14,89 \pm 0,94 ^a	6,04 \pm 0,06 ^a	0,966 \pm 0,003 ^a
R1S2	50,79 \pm 3,41 ^{ab}	5,48 \pm 0,11 ^a	14,48 \pm 0,96 ^a	6,04 \pm 0,04 ^a	0,970 \pm 0,006 ^a
R2S1	52,96 \pm 3,10 ^{ab}	5,06 \pm 0,31 ^a	14,95 \pm 0,45 ^a	6,07 \pm 0,00 ^a	0,971 \pm 0,001 ^a
R2S2	52,32 \pm 3,50 ^{ab}	5,12 \pm 0,18 ^a	14,63 \pm 0,59 ^a	6,04 \pm 0,02 ^a	0,967 \pm 0,002 ^a
R3S1	54,65 \pm 2,25 ^a	5,30 \pm 0,08 ^a	15,24 \pm 0,69 ^a	6,06 \pm 0,05 ^a	0,973 \pm 0,002 ^a
R3S2	53,41 \pm 1,95 ^a	5,05 \pm 0,03 ^a	15,33 \pm 0,42 ^a	6,03 \pm 0,05 ^a	0,973 \pm 0,001 ^a

C: 1,9% NaCl + 0% realçador de sabor natural; R1S1: 1,24% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R1S2: 1,24% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R2S1: 0,91% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R2S2: 0,91% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R3S1: 0,57% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R3S2: 0,57% NaCl + 2% realçador de sabor natural.

Valores seguidos de letras minúsculas diferentes dentro de uma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos na respectiva forma (cru ou cozido) ($p \leq 0,05$).

Por outro lado, o teor de sódio e a adição de RSN não causaram efeito sobre o valor de a^* dos hambúrgueres cozidos, o que é importante, já que a cor vermelha dos produtos cárneos é uma das principais características avaliadas pelo consumidor para uma boa aceitação sensorial (DOS SANTOS et al., 2014). Mattar et al. (2018), também observou em seu estudo que hambúrgueres cozidos reduzidos em sódio e adicionados de extrato de cogumelo não tiveram modificação no valor de a^* .

Quanto ao parâmetro b^* , foi notado um acréscimo significativo nos valores de todos os tratamentos que continham extrato de cogumelo. O aumento do tom amarelado no hambúrguer pode estar relacionado com a adição do ingrediente umami (que tem coloração amarelo clara), levando a supressão da cor natural do produto (PIL-NAM et al., 2015). Resultados similares

foram encontrados por Mattar et al. (2018) e Pil-Nam et al. (2015), que verificaram que a adição de cogumelo shiitake aumentou significativamente os valores de b^* em hambúrgueres e salsichas, respectivamente. Wong et al. (2018) também observou que a intensidade de amarelo em carne moída adicionada de cogumelo *A. bisporus* (25 a 50%) foi significativamente maior em relação ao controle.

Para fins de visualização, a Figura 2 mostra a aparência da cor dos hambúrgueres bovinos cozidos dos 7 tratamentos avaliados neste estudo.

Figura 2 - Aparência dos hambúrgueres bovinos



C: 1,9% NaCl + 0% realçador de sabor natural; R1S1: 1,24% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R1S2: 1,24% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R2S1: 0,91% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R2S2: 0,91% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R3S1: 0,57% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R3S2: 0,57% NaCl + 2% realçador de sabor natural.

Quanto ao pH dos hambúrgueres crus, observou-se um ligeiro aumento, porém significativo, nos valores dos tratamentos com redução de sal de 52,5% (R2) e de 70% (R3), adicionados de realçador de sabor (Tabela 4). A presença de aminoácidos básicos, como a histidina, lisina e arginina em cogumelos (KAWAI et al., 2012, LI et al., 2018, POOJARY et al., 2017a) pode ter influenciado este resultado. No entanto, a faixa de variação do pH entre as amostras cruas foi de 5,60 a 5,68, apresentando diferenças de 0,08, as quais não são consideradas significativas a nível prático, já que os valores normais de pH de carne bovina crua variam de 5,4 e 5,7. Um acréscimo nos valores de pH também foi observado em hambúrgueres bovinos formulados com extrato de cogumelo shiitake (MATTAR et al., 2018) e com cogumelo *A. bisporus* (PATINHO et al., 2019), bem como em salsichas frankfurter com adição de cogumelos (CERÓN-GUEVARA et al., 2020; PIL-NAM et al., 2015). Em contrapartida, não houve alteração significativa no pH dos hambúrgueres cozidos, que variou de 6,03 a 6,07, estando dentro do valor reportado como pH usual de produtos cárneos cozidos (6,0) (HEREU et al., 2012). Um valor ligeiramente superior de pH (6,15) foi encontrado por Dermiki et al. (2013b) em amostras de carnes cozidas com adição de extrato de shiitake.

Os diferentes níveis de redução de sódio e adição de extrato de shiitake afetaram significativamente a atividade de água dos hambúrgueres crus, que tiveram um pequeno aumento nos valores em relação ao controle (Tabela 4). Após o cozimento, os tratamentos aplicados às formulações com adição de RSN não afetaram significativamente a atividade de água, embora tenha sido verificada uma tendência no aumento desses valores. Estes resultados podem ter ocorrido pelo fato do cloreto de sódio promover nos alimentos o processo de difusão, onde o NaCl é absorvido e a água é perdida, resultando em menores valores de atividade de água (PATINHO et al., 2019). Patinho et al. (2019) relataram em seu estudo que hambúrgueres com redução de sódio e adição de champignon cozido apresentaram aumento significativo nos valores de atividade de água.

4.2.2. Propriedades de cozimento

A perda de peso por cozimento é um dos parâmetros mais importantes para a indústria cárnea, visto que a redução de sal nestes produtos diminui a capacidade de retenção de água, levando a perdas de rendimentos (FELLENDORF et al., 2018). Neste estudo, não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos com relação a perda de peso por cozimento dos hambúrgueres, e os resultados variaram de 37,02 a 39,29% (Tabela 5).

Tabela 5 - Média \pm erro padrão dos resultados das análises de perda de peso por cozimento (PPC) e redução do diâmetro (RD)

Tratamentos	PPC (%)	RD (%)
C	37,02 \pm 0,72 ^a	26,35 \pm 2,67 ^a
R1S1	37,81 \pm 2,69 ^a	27,76 \pm 1,98 ^a
R1S2	35,98 \pm 1,28 ^a	26,27 \pm 1,71 ^a
R2S1	39,54 \pm 0,15 ^a	27,64 \pm 1,19 ^a
R2S2	37,47 \pm 1,94 ^a	26,86 \pm 2,13 ^a
R3S1	39,08 \pm 1,43 ^a	26,18 \pm 2,26 ^a
R3S2	39,29 \pm 0,97 ^a	27,34 \pm 1,99 ^a

C: 1,9% NaCl + 0% realçador de sabor natural; R1S1: 1,24% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R1S2: 1,24% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R2S1: 0,91% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R2S2: 0,91% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R3S1: 0,57% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R3S2: 0,57% NaCl + 2% realçador de sabor natural.

Valores seguidos de letras minúsculas diferentes dentro de uma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$).

A avaliação do encolhimento (ou redução do diâmetro) do hambúrguer é outra propriedade importante. Segundo Gujral et al. (2002), é importante que os hambúrgueres apresentem um diâmetro compatível com o do pão em que serão servidos, de forma a obter um

produto mais atrativo ao consumidor. Uma vez que a perda de peso por cozimento não foi afetada, era esperado que a redução do diâmetro também não fosse, já que este parâmetro de cozimento é o resultado da desnaturação das proteínas da carne com a perda de água e gordura (BESBES et al., 2008). Os valores obtidos variaram de 26,35 a 27,34% entre as diferentes formulações.

Os resultados dos dois parâmetros de cozimento dos hambúrgueres apontam que adição do RSN e a redução de sal nos níveis estudados parece não ter afetado a extração das proteínas miofibrilares, as quais favorecem a capacidade de retenção de água (RUUSUNEM; POULANNE, 2005).

Similarmente, Wan Rosli et al. (2011), não observaram nenhuma alteração no rendimento de cozimento em hambúrgueres de frango substituídos por até 50% de cogumelos *Pleurotus sajor-caju*, enquanto Mattar et al. (2018) relatou valores próximos de rendimento após cozimento (perda de peso de 37 a 42%) de hambúrgueres adicionados de extrato de cogumelo shiitake. Rios-Mera et al. (2019), em estudo sobre a redução do teor de sódio de hambúrgueres bovinos com adição de sal micronizado, também encontraram valores parecidos, apresentando uma perda de peso de 33% a 41% e uma redução do diâmetro de 21% a 27%.

4.2.3. Análise de Perfil de Textura

Segundo Bourne (2002), a dureza medida durante a análise de perfil de textura pode ser entendida como a força necessária para que a amostra seja comprimida entre os molares. Os resultados de dureza apresentaram uma tendência na redução dos valores com a diminuição do teor de sal e com o aumento do teor de RSN, sendo que os tratamentos R3S1 e R3S2 foram significativamente afetados pelas formulações (Tabela 6). A maior redução de sal desses tratamentos (70%), possivelmente influenciou na menor dureza e mastigabilidade do produto, visto que o sal proporciona a solubilização das proteínas miofibrilares, levando a formação de um produto mais firme (DOYLE; GLASS, 2010; TOBIN et al., 2012). Corroborando com os resultados deste estudo, diminuição na dureza de hambúrgueres e salsichas com redução de sal e adição de cogumelo foram observados no estudo de Patinho et al. (2019) e Cerón-Guevara et al. (2020), respectivamente.

Quanto ao parâmetro de elasticidade dos hambúrgueres, não foi verificada nenhuma diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 6), corroborando com resultados obtidos por Patinho et al. (2019) em hambúrguer com redução de sódio e adição de champignon. Este parâmetro é muito relevante em produtos cárneos, pois mede a taxa de deformação do material

ao ser exposto a forças extremas e retornar a sua forma original (BOURNE, 2002). Os mesmos padrões de resultados foram encontrados para a coesividade dos hambúrgueres, a qual representa a extensão em que o material pode ser deformado antes de romper (BOURNE, 2002). Novakovic et al. (2019) e Van Ba et al. (2016) também não encontraram diferenças estatísticas nos parâmetros de elasticidade e coesividade em salsichas com adição de cogumelo.

Tabela 6 - Média \pm desvio padrão dos parâmetros da Análise de Perfil de Textura

Tratamentos	Dureza (N)	Elasticidade (mm)	Coesividade	Mastigabilidade (N*mm)
C	251,74 \pm 10,88 ^a	0,78 \pm 0,00 ^a	0,52 \pm 0,05 ^a	105,33 \pm 12,03 ^a
R1S1	229,96 \pm 16,86 ^{ab}	0,76 \pm 0,00 ^a	0,53 \pm 0,03 ^a	89,63 \pm 5,64 ^{ab}
R1S2	226,43 \pm 17,09 ^{ab}	0,75 \pm 0,01 ^a	0,50 \pm 0,04 ^a	88,05 \pm 9,70 ^{ab}
R2S1	215,79 \pm 15,26 ^{ab}	0,76 \pm 0,01 ^a	0,50 \pm 0,04 ^a	82,96 \pm 6,88 ^{ab}
R2S2	210,17 \pm 18,05 ^{ab}	0,78 \pm 0,00 ^a	0,52 \pm 0,03 ^a	81,28 \pm 6,98 ^{ab}
R3S1	195,35 \pm 13,62 ^b	0,77 \pm 0,01 ^a	0,51 \pm 0,03 ^a	72,97 \pm 2,56 ^b
R3S2	190,39 \pm 2,58 ^b	0,76 \pm 0,02 ^a	0,50 \pm 0,02 ^a	72,12 \pm 0,65 ^b

C: 1,9% NaCl + 0% realçador de sabor natural; R1S1: 1,24% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R1S2: 1,24% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R2S1: 0,91% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R2S2: 0,91% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R3S1: 0,57% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R3S2: 0,57% NaCl + 2% realçador de sabor natural.

Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

A característica de mastigabilidade do produto está relacionada com a energia necessária para mastigar um alimento sólido até a consistência adequada para a deglutição (BOURNE, 2002). Este parâmetro é fortemente influenciado pela dureza do produto, já que amostras mais macias exigem menor mastigabilidade (PATINHO et al., 2019). No presente estudo, a mesma tendência observada no parâmetro de dureza, também foi apresentada na mastigabilidade, onde apenas os tratamentos R3S1 e R3S2 apresentaram um valor significativamente menor em relação ao controle. Do mesmo modo, a redução de sal e adição de cogumelo diminuíram os valores de mastigabilidade de salsichas (CERÓN-GUEVARA et al., 2020) e hambúrgueres (PATINHO et al., 2019).

De forma geral, a elasticidade e coesividade não foram afetadas pela redução de sódio e adição de realçador de sabor de estipe de cogumelo, e os parâmetros dureza e mastigabilidade tiveram seus valores significativamente reduzidos, resultando em hambúrgueres mais macios.

4.2.4. Aminoácidos livres

Na Tabela 7 são apresentadas as concentrações de aminoácidos livres encontradas nos hambúrgueres bovinos.

Tabela 7 - Aminoácidos livres (mg/100 g base seca) dos hambúrgueres cozidos com redução de sódio e adição de RSN

Aminoácido	C	R1S1	R1S2	R2S1	R2S2	R3S1	R3S2	EP
Ácido aspártico	1,52 ^a	1,68 ^a	2,04 ^a	1,83 ^a	1,91 ^a	1,88 ^a	2,21 ^a	0,23
Serina	13,47 ^a	15,94 ^a	16,41 ^a	15,05 ^a	16,24 ^a	15,56 ^a	17,85 ^a	1,82
Ácido glutâmico	7,62 ^a	10,88 ^a	10,34 ^a	11,38 ^a	11,58 ^a	12,17 ^a	13,33 ^a	1,29
Glicina	13,54 ^a	14,46 ^a	17,36 ^a	16,48 ^a	16,38 ^a	16,96 ^a	17,04 ^a	1,03
Histidina	102,11 ^a	110,13 ^a	98,05 ^a	127,47 ^a	125,25 ^a	137,26 ^a	133,31 ^a	7,30
Taurina	32,27 ^a	32,49 ^a	30,16 ^a	34,80 ^a	34,55 ^a	37,72 ^a	36,26 ^a	4,35
Arginina	99,67 ^a	93,32 ^a	95,68 ^a	105,91 ^a	99,34 ^a	121,71 ^a	125,65 ^a	10,76
Treonina	11,61 ^a	12,31 ^a	12,07 ^a	13,71 ^a	14,24 ^a	14,47 ^a	15,04 ^a	1,44
Alanina	53,95 ^a	59,33 ^a	62,74 ^a	61,62 ^a	63,98 ^a	62,17 ^a	67,18 ^a	0,35
Prolina	9,80 ^b	15,30 ^{ab}	17,56 ^a	15,17 ^{ab}	19,35 ^a	15,50 ^{ab}	20,03 ^a	1,06
Cisteína	4,14 ^a	3,63 ^a	3,34 ^a	3,84 ^a	4,02 ^a	4,30 ^a	4,47 ^a	0,31
Tirosina	4,10 ^a	4,22 ^a	4,35 ^a	4,39 ^a	4,22 ^a	4,24 ^a	4,37 ^a	0,35
Valina	8,01 ^a	9,61 ^a	10,16 ^a	9,17 ^a	10,58 ^a	9,22 ^a	11,15 ^a	0,70
Metionina	4,12 ^a	4,22 ^a	4,17 ^a	4,43 ^a	4,39 ^a	4,21 ^a	4,41 ^a	0,34
Lisina	6,56 ^a	7,58 ^a	7,60 ^a	8,20 ^a	7,99 ^a	7,72 ^a	8,50 ^a	0,62
Isoleucina	6,11 ^a	7,04 ^a	7,71 ^a	6,69 ^a	7,22 ^a	6,19 ^a	8,01 ^a	0,54
Leucina	9,42 ^a	11,20 ^a	12,98 ^a	11,44 ^a	13,18 ^a	11,46 ^a	13,59 ^a	0,86
Fenilalanina	5,11 ^b	6,60 ^{ab}	8,04 ^a	7,21 ^{ab}	7,73 ^{ab}	6,78 ^{ab}	7,93 ^a	0,45
<i>Não essencial</i>	207,80 ^a	218,76 ^a	229,81 ^a	235,68 ^a	237,01 ^a	254,47 ^a	272,11 ^a	0,27
<i>Essencial</i>	153,03 ^a	168,68 ^a	160,77 ^a	188,32 ^a	190,58 ^a	197,31 ^a	201,93 ^a	0,23
<i>Total</i>	393,10 ^a	419,93 ^a	337,73 ^a	458,79 ^a	462,13 ^a	489,50 ^a	510,30 ^a	47,34
<i>Características de sabor</i>								
Umami ¹	9,137 ^a	12,56 ^a	12,38 ^a	13,22 ^a	13,49 ^a	14,05 ^a	15,54 ^a	0,31
Doce ²	102,36 ^a	117,34 ^a	133,90 ^a	122,02 ^a	130,19 ^a	124,65 ^a	137,13 ^a	8,55
Amargo ³	234,54 ^a	242,11 ^a	242,40 ^a	272,32 ^a	267,69 ^a	296,83 ^a	304,04 ^a	22,20
Insípido ⁴	10,66 ^a	11,80 ^a	12,22 ^a	12,59 ^a	12,21 ^a	11,96 ^a	12,87 ^a	0,83

C: 1,9% NaCl + 0% realçador de sabor natural; R1S1: 1,24% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R1S2: 1,24% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R2S1: 0,91% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R2S2: 0,91% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R3S1: 0,57% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R3S2: 0,57% NaCl + 2% realçador de sabor natural; EP: erro padrão da média.

¹ Gosto umami = \sum de ácido glutâmico e ácido aspártico;

² Gosto doce = \sum de alanina, glicina, treonina, serina, e prolina;

³ Gosto amargo = \sum de leucina, valina, isoleucina, metionina, arginina, histidina, e fenilalanina;

⁴ Insípido = \sum de lisina e tirosina.

Médias com letras diferentes dentro de uma linha são significativamente diferentes (p < 0,05, teste de Tukey),

A maioria dos aminoácidos livres identificados não se diferenciaram significativamente entre os tratamentos, com exceção da prolina e da fenilalanina. Conforme mostrado na Tabela 2, a prolina foi um dos aminoácidos presente em maior quantidade no realçador de sabor natural. Por este motivo, os tratamentos com maior concentração de RSN (2%), nos três níveis de redução de sal, apresentaram teor de prolina significativamente maior em relação ao controle. Quanto ao aminoácido fenilalanina, classificado como essencial, o realçador de sabor natural influenciou o teor desse aminoácido nos hambúrgueres bovinos, uma vez que todos os tratamentos aos quais ele foi adicionado apresentaram aumento em seu teor, sendo significativamente maior apenas em R1S2 e R3S2. Além disso, mesmo não apresentando diferença estatística, os de aminoácidos essenciais tiveram seus valores acrescidos nos tratamentos com RSN, apontando que o uso desse ingrediente contribui para o fornecimento de aminoácidos essenciais.

Embora não significativa, foi observada uma tendência de aumento na concentração de todos os aminoácidos nos tratamentos com adição de ingrediente realçador de sabor natural, incluindo aqueles responsáveis pelo gosto umami - ácidos aspártico e glutâmico. Similarmente, Dermiki et al. (2013b) não encontraram diferenças significativas no conteúdo de aminoácidos de gosto umami em carne picada cozida com extrato de shiitake, mas também relataram um aumento nos valores em comparação com o controle.

4.2.5. Perfil de compostos voláteis

O efeito da adição do realçador de sabor nos compostos voláteis dos hambúrgueres cozidos com redução de sal é apresentado na Tabela 8. Um total de 43 compostos voláteis foram identificados e classificados de acordo como a sua família química: 11 hidrocarbonetos, 8 cetonas, 5 aldeídos, 4 álcoois, 4 terpenos, 3 compostos sulfurados, 3 ésteres, 2 aminas, 1 lactona e 1 éter.

A família química dos aldeídos é gerada em produtos cárneos a partir da oxidação lipídica e da degradação Strecker de aminoácidos (OLIVARES; NAVARRO; FLORES, 2009). Pentanal, hexanal, heptanal e nonanal foram encontrados em concentrações semelhantes em todos os tratamentos. Esses aldeídos são derivados da oxidação de ácidos graxos insaturados, principalmente o hexanal, que está relacionado a um intenso aroma de “grama”, e é composto volátil dominante gerado nesta reação, sendo geralmente utilizado como indicador de oxidação lipídica (RODRÍGUEZ-CARPENA; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2012).

Tabela 8 – Compostos voláteis (área média $\times 10^4$) dos hambúrgueres cozidos com redução de sódio e adição de RSN

Compostos voláteis	RT	LRI	R	C	R1S1	R1S2	R2S1	R2S2	R3S1	R3S2	EP
<i>Aldeídos</i>											
Butanal, 3-metil-	9,91	671	<i>ms, lri</i>	0,50 ^d	0,81 ^{cd}	1,11 ^{bcd}	1,14 ^{bcd}	1,66 ^{ab}	1,31 ^{abc}	1,86 ^a	0,17
Butanal, 2-metil-	10,51	682	<i>ms, lri</i>	1,10 ^a	1,72 ^a	2,40 ^a	2,24 ^a	2,86 ^a	2,44 ^a	2,84 ^a	0,43
Pentanal	13,06	732	<i>ms, lri, s</i>	7,42 ^a	8,84 ^a	7,13 ^a	9,86 ^a	6,47 ^a	5,13 ^a	8,67 ^a	1,47
Hexanal	19,28	853	<i>ms, lri, s</i>	10,16 ^a	8,65 ^a	10,40 ^a	12,16 ^a	9,05 ^a	10,58 ^a	7,27 ^a	3,68
Heptanal	24,22	949	<i>ms, lri, s</i>	1,96 ^a	1,78 ^a	1,90 ^a	1,73 ^a	1,84 ^a	1,71 ^a	1,49 ^a	0,45
Nonanal	32,22	1105	<i>ms, lri, s</i>	0,24 ^a	0,26 ^a	0,25 ^a	0,22 ^a	0,28 ^a	0,18 ^a	0,18 ^a	0,06
<i>Álcoois</i>											
1-Pentanol	18,41	836	<i>ms, lri</i>	1,71 ^a	2,09 ^a	1,68 ^a	2,03 ^a	1,56 ^a	1,49 ^a	1,54 ^a	0,24
2,3-Butanediol	21,29	892	<i>ms, lri</i>	0,71 ^a	1,65 ^a	2,53 ^a	2,39 ^a	1,93 ^a	2,45 ^a	2,71 ^a	0,79
(S)-(+)-1,2-Propanodiol	21,68	900	<i>ms</i>	1,31 ^b	1,97 ^{ab}	2,82 ^{ab}	2,67 ^{ab}	2,29 ^{ab}	2,67 ^{ab}	3,30 ^a	0,40
Etanol, 2-fenoxi-	37,61	1210	<i>ms</i>	0,10 ^a	0,06 ^{ab}	0,05 ^{ab}	0,03 ^b	0,03 ^b	0,01 ^b	0,02 ^b	0,01
<i>Cetonas</i>											
Acetona	3,42	544	<i>ms, lri</i>	22,66 ^a	26,37 ^a	27,28 ^a	32,91 ^a	27,83 ^a	23,84 ^a	20,70 ^a	6,56
2,3-Pentanediona	13,41	739	<i>ms, lri</i>	3,44 ^a	2,84 ^a	2,79 ^a	3,06 ^a	2,47 ^a	2,46 ^a	1,29 ^a	0,63
2-Heptanonea	23,90	943	<i>ms, lri</i>	1,83 ^a	1,77 ^a	1,83 ^a	2,19 ^a	2,26 ^a	2,30 ^a	1,54 ^a	0,43
Pirolol[3,2-d]pirimidin-2,4(1H,3H)-diona	27,24	1008	<i>ms, lri</i>	10,95 ^a	16,78 ^a	17,09 ^a	18,79 ^a	17,59 ^a	19,46 ^a	17,89 ^a	2,40
3,6-Heptanediona	27,70	1017	<i>ms</i>	2,16 ^a	1,89 ^a	1,97 ^a	2,18 ^a	1,63 ^a	1,99 ^a	1,83 ^a	0,36
2(5H)-Furanona	27,72	1017	<i>ms</i>	0,31 ^a	0,73 ^a	0,72 ^a	0,52 ^a	0,51 ^a	0,28 ^a	0,32 ^a	0,36
2-Nonanona, 3-(hidroximetil)-	31,89	1099	<i>ms</i>	1,37 ^a	1,50 ^a	1,07 ^a	1,41 ^a	1,39 ^a	1,39 ^a	1,20 ^a	0,21
2H-Piran-2-ona, tetra-hidro-	33,26	1125	<i>ms</i>	1,02 ^a	1,41 ^a	1,17 ^a	1,66 ^a	1,54 ^a	1,70 ^a	2,39 ^a	0,49
<i>Hidrocarbonetos</i>											

Pentano	2,79	532	<i>ms, lri, s</i>	0,74 ^a	0,54 ^a	0,83 ^a	1,16 ^a	0,83 ^a	1,18 ^a	1,06 ^a	0,39
Cloreto de metileno	4,04	557	<i>ms</i>	3,68 ^a	4,39 ^a	3,59 ^a	3,04 ^a	3,31 ^a	2,22 ^a	1,78 ^a	1,82
n-Hexano	5,00	575	<i>ms, lri, s</i>	689,60 ^a	718,69 ^a	680,69 ^a	630,21 ^a	678,17 ^a	583,97 ^a	529,62 ^a	195,90
Propano, 2-nitro-	5,01	575	<i>ms</i>	355,72 ^a	372,69 ^a	351,69 ^a	324,18 ^a	347,50 ^a	298,21 ^a	251,65 ^a	111,90
Metano, oxibis[dicloro-	7,51	624	<i>ms, lri</i>	22,61 ^a	22,80 ^a	20,85 ^a	20,69 ^a	20,75 ^a	19,74 ^a	16,42 ^a	5,67
Butano, 2,2,3,3-tetrametil-	9,61	665	<i>ms</i>	2,16 ^a	2,27 ^a	1,38 ^a	1,56 ^a	1,23 ^a	1,46 ^a	1,05 ^a	0,52
Heptano	10,51	682	<i>ms, lri, s</i>	0,60 ^a	0,69 ^a	0,66 ^a	0,78 ^a	0,91 ^a	0,49 ^a	0,60 ^a	0,16
Heptano, 2,4-dimetil-	17,18	682	<i>ms</i>	0,99 ^a	0,83 ^a	0,61 ^a	0,69 ^a	0,75 ^a	0,80 ^a	0,62 ^a	0,17
Nonano	22,35	913	<i>ms, lri, s</i>	0,34 ^a	0,14 ^a	0,25 ^a	0,08 ^a	0,14 ^a	0,06 ^a	0,05 ^a	0,10
Decano	26,70	997	<i>ms, lri, s</i>	0,40 ^a	0,23 ^{ab}	0,25 ^{ab}	0,28 ^{ab}	0,20 ^b	0,28 ^{ab}	0,19 ^b	0,05
Benzeno, 1,3-bis(1,1-dimetiletil)-	36,57	1190	<i>ms</i>	0,66 ^a	0,72 ^a	0,73 ^a	0,91 ^a	0,68 ^a	0,71 ^a	0,57 ^a	0,16
<i>Ésteres</i>											
Ácido bórico, éster dietílico, metílico	4,08	557	<i>ms</i>	1,34 ^a	1,10 ^a	1,33 ^a	0,95 ^a	1,40 ^a	1,08 ^a	0,72 ^a	0,27
Acetato de etila	6,88	612	<i>ms, lri</i>	1,77 ^a	1,52 ^a	1,46 ^a	1,51 ^a	1,12 ^a	1,37 ^a	0,98 ^a	0,44
Ácido 5-oxotetrahidrofurano-2-carboxílico, éster etílico	32,81	1116	<i>ms</i>	0,65 ^a	0,66 ^a	0,42 ^a	0,50 ^a	0,44 ^a	0,53 ^a	0,51 ^a	0,19
<i>Éteres</i>											
Éter dimetil	2,90	534	<i>ms, lri</i>	7,67 ^a	6,71 ^{ab}	4,83 ^{ab}	3,83 ^{ab}	3,32 ^{ab}	2,79 ^b	3,47 ^{ab}	1,16
<i>Terpenos</i>											
Biciclo[3,1,0]hex-2-eno, 2-metil-5-(1-metiletil)-	24,35	952	<i>ms</i>	5,57 ^a	7,00 ^a	4,47 ^a	5,58 ^a	4,74 ^a	4,44 ^a	4,40 ^a	1,14
Biciclo[3,1,0]hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metiletil)-	26,43	992	<i>ms</i>	4,60 ^a	4,57 ^a	3,47 ^a	3,68 ^a	3,30 ^a	3,86 ^a	3,49 ^a	1,07
D-Limoneno	28,46	1032	<i>ms, lri</i>	2,02 ^a	2,37 ^a	1,61 ^a	1,68 ^a	1,48 ^a	1,47 ^a	1,43 ^a	0,29
Biciclo[7,2,0]undec-4-eno, 4,11,11-trimetil-8-metileno-, [1R-(1R*,4Z,9S*)]-	42,22	1300	<i>ms</i>	1,61 ^a	2,00 ^a	2,01 ^a	1,95 ^a	2,04 ^a	1,62 ^a	2,08 ^a	0,30

<i>Aminas</i>											
Metilamina, N,N-dimetil-	2,18	520	<i>ms</i>	18,20 ^a	34,58 ^a	39,14 ^a	41,89 ^a	52,87 ^a	31,99 ^a	23,10 ^a	15,63
1H-Tetrazol-5-amina	31,91	1099	<i>ms</i>	0,23 ^{abcd}	0,27 ^a	0,21 ^{cd}	0,25 ^{abc}	0,26 ^{ab}	0,22 ^{bcd}	0,19 ^d	0,01
<i>Lactonas</i>											
Butirolactona	27,58	1015	<i>ms, lri</i>	0,94 ^a	1,63 ^a	1,19 ^a	1,23 ^a	1,36 ^a	1,35 ^a	1,45 ^a	0,37
<i>Compostos sulfurados</i>											
Sulfeto dimetil	3,50	546	<i>ms</i>	0,28 ^d	0,43 ^{cd}	0,55 ^{cd}	0,97 ^b	0,71 ^{bc}	0,87 ^b	1,27 ^a	0,07
Dissulfeto de carbono	3,63	549	<i>ms, lri</i>	1,13 ^a	1,35 ^a	0,76 ^a	0,97 ^a	1,39 ^a	1,24 ^a	1,17 ^a	0,42
Dimetilsulfona	28,90	1040	<i>ms, lri</i>	7,51 ^a	8,40 ^a	11,22 ^a	10,76 ^a	10,22 ^a	10,09 ^a	11,55 ^a	1,32
<i>Compostos voláteis</i>				1199,96	1277,69	1218,35	1156,55	1222,27	1053,44	936,46	
<i>totais</i>											

C: 1,9% NaCl + 0% realçador de sabor natural; R1S1: 1,24% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R1S2: 1,24% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R2S1: 0,91% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R2S2: 0,91% NaCl + 2% realçador de sabor natural; R3S1: 0,57% NaCl + 1% realçador de sabor natural; R3S2: 0,57% NaCl + 2% realçador de sabor natural; EP: erro padrão da média.

RT: tempo de retenção; LRI: índice de retenção linear calculado para coluna capilar DB-624 (J&W scientific: 30 m × 0,25 mm d.i., espessura de filme 1,4 µm) instalado em um cromatógrafo de gás equipado com um detector seletivo de massa; R: Confiabilidade da Identificação; lri: índice de retenção linear de acordo com a literatura (DE CARVALHO et al., 2020; DOMÍNGUEZ et al., 2015; DOMÍNGUEZ et al., 2019; LÓPEZ-PEDROUSO et al., 2019; LORENZO; CARBALLO, 2014; MERLO et al., 2020; PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA et al., 2018a; PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA et al., 2018b); ms: espectro de massas em concordância com a base de dados de massas (NIST14); s: espectro de massas e tempo de retenção idêntico ao de um padrão autêntico ; EP: erro padrão da média.

Médias com letras diferentes dentro de uma linha são significativamente diferentes (p < 0,05, teste de Tukey)

Em relação aos outros aldeídos lineares saturados, a literatura tem associado o pentanal à notas de "amêndoa, malte e pungente", o heptanal à notas de "gordura, cítricas e rançosas" e nonanal à notas de "gordura, cítricas e verde" (ZHU et al., 2018). O 2-metilbutanal e o 3-metilbutanal, por sua vez, são aldeídos derivados do catabolismo de aminoácidos (OLIVARES; NAVARRO; FLORES, 2009). Hambúrgueres com adição de RSN apresentaram tendência de aumento nos teores desses dois compostos em relação ao controle, mas uma concentração significativamente maior foi observada apenas para o 3-metilbutanal em R2S2, R3S1 e R3S2. Esse resultado pode ser explicado porque os aminoácidos livres isoleucina e leucina são os precursores do 2 e 3-metilbutanal, respectivamente, e apresentaram valores numericamente superiores nos tratamentos com adição do realçador de sabor natural (Tabela 7). Além disso, esses dois aldeídos foram encontrados em níveis consideráveis no RSN (Tabela 3), o que está de acordo com os altos teores encontrados no extrato de shiitake (DERMIKI et al., 2013a). Foi relatado que esses voláteis fornecem notas de cacau, amêndoa (2-metilbutanal) e malte (3-metilbutanal) (ZHU et al., 2018).

Além dos aldeídos, os álcoois e as cetonas também são compostos voláteis gerados principalmente a partir da auto-oxidação da fração lipídica da carne e seus derivados (SONCIN et al., 2007). Neste estudo, 4 álcoois foram identificados em amostras de hambúrguer bovino. O (S)-(+)-1,2-propanodiol foi encontrado em maiores concentrações nos tratamentos com adição do realçador de sabor natural, mas seu teor foi significativamente maior em relação ao controle apenas no R3S2. Esse resultado pode ser devido à presença de 1,2-propanodiol no RSN (Tabela 3). O 1-propanol foi um dos álcoois encontrados em maiores concentrações nas amostras, mas não houve variação significativa entre os tratamentos. Segundo Ramírez e Cava (2007), ele é derivado da degradação de hidroperóxidos lipídicos. Em relação à família química das cetonas, foram identificados 8 compostos, mas não houve alteração significativa em suas concentrações devido aos tratamentos. A 2,3-pentanodiona e a 2-heptanona são algumas das cetonas encontradas neste estudo e geralmente detectadas em produtos cárneos (DOMÍNGUEZ et al., 2019).

Três compostos sulfurados foram encontrados no perfil volátil dos hambúrgueres bovinos. Sabe-se que esses compostos fazem parte do aroma natural da carne (FRANKE et al., 2019) e dos cogumelos (WU; WANG, 2000). Embora não significativo, foi verificado aumento no teor de dimetilsulfona nos tratamentos com adição do realçador de sabor natural, o que pode ser explicado pela sua presença no ingrediente umami natural (Tabela 3). O sulfeto de dimetila não foi identificado no realçador de sabor natural, estando então relacionado à degradação de aminoácidos contendo enxofre, como a metionina (FLORES, 2017).

Em relação ao composto éter dimetílico, houve variação significativa em seus teores entre as amostras. O único tratamento que diferiu do controle foi R3S1 (70% de redução de sal e 1% de RSN), ou seja, não houve uma tendência clara de comportamento entre as formulações. Este éter também foi detectado em carneiro assado e foi relatado como sendo gerado a partir da pimenta usada nas formulações (XI et al., 2019).

Entre os hidrocarbonetos identificados nas amostras, menores concentrações de decano foram observadas nos tratamentos com maior teor de realçador de sabor natural (2%) e com níveis intermediários e altos de redução de sódio (R2S2 e R3S2, respectivamente). Segundo Narváez-Rivas, Gallardo e León-Camacho (2012), os hidrocarbonetos são provavelmente gerados pela oxidação de lipídios, mas sua presença não causa impacto sensorial (BOSSE et al., 2017). A 1H-Tetrazol-5-amina foi a única amina que apresentou variação significativa em seu conteúdo. Sua concentração nas amostras foi baixa e não foi observada uma tendência clara entre os tratamentos.

5. CONCLUSÕES

Em vista dos resultados obtidos, uma resposta positiva foi encontrada para grande parte dos parâmetros analisados. A cor do produto cru não foi afetada, mas os hambúrgueres cozidos apresentaram-se mais claros e amarelos que o controle. Resultados favoráveis foram observados para os parâmetros de pH e A_w , que tiveram ligeiras variações somente no produto cru, mas que pouco interferiram na qualidade do hambúrguer. Mesmo com a redução de sal, que influencia a capacidade de retenção de água, a perda de peso no cozimento e o diâmetro dos hambúrgueres após o cozimento não foram afetados. Em relação à textura, não foi observado efeito dos tratamentos sobre a elasticidade e a coesividade, mas houve decréscimo na dureza e mastigabilidade dos hambúrgueres com redução de sódio e adição do ingrediente umami obtido de shiitake.

A adição de realçador de sabor aos hambúrgueres bovinos aumentou significativamente o conteúdo dos aminoácidos livres prolina e fenilalanina. O perfil volátil dos hambúrgueres bovinos apresentou um ligeiro aumento em compostos também encontrados no RSN, como alguns aldeídos, álcoois e compostos sulfurados.

Os resultados obtidos mostram que a redução de sal e adição de realçador de sabor obtido de estipe de shiitake apresenta-se viável para aplicação em hambúrguer bovino, considerando os parâmetros físico-químicos, de textura e de perfil de aminoácidos livres e

compostos voláteis, enfatizando-se, assim, a oportunidade e o potencial do desenvolvimento de hambúrgueres mais saudáveis.

REFERÊNCIAS

ABIA. Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. **Cenário do consumo de sódio no Brasil**: Estudo elaborado com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2013. Disponível em: <www.abia.org.br/sodio/Sodio2.pdf>. Acesso em 05 de abr. 2021.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA. **Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat**. Illinois, 1978, 24p.

AKESOWAN, A. Production and storage stability of formulated chicken nuggets using konjac flour and shiitake mushrooms. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 10, p. 3661-3674, 2016.

BAINES, D.; BROWN, M. Flavor Enhancers: Characteristics and Uses. **Encyclopedia of Food and Health**, p 716-723, 2016.

BAUBLITS, R. T.; POHLMAN, F. W.; BROWN JR, A. H.; YANCEY, E. J.; JOHNSON, Z. B. Impact of muscle type and sodium chloride concentration on the quality, sensory, and instrumental color characteristics of solution enhanced whole-muscle beef. **Meat Science**, v. 72, n. 4, p. 704-712, 2006.

BESBES, S.; ATTIA, H.; DEROANNE, C.; MAKNI, S.; BLECKER, C. Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of beef burgers. **Journal of Food Quality**, v. 31, n. 4, p. 480-489, 2008.

BOSSE, R.; WIRTH, M.; BECKER, T.; WEISS, J.; GIBIS, M. Determination of volatile marker compounds in raw ham using headspace-trap gas chromatography. **Food chemistry**, v. 219, p. 249-259, 2017.

BOURNE, M. C. Principles of objective texture measurement. In: **Food texture and viscosity**. New York: Academic Press, 2002, p. 107-188.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa nº 20, de 31/07/2000. **Regulamento Técnico de Identidade e qualidade de hambúrguer**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº 272 de 14 de março de 2019. **Estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos**. Brasília: Anvisa; 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Informe Técnico nº 50/2012. **Teor de sódio dos alimentos processados**. Brasília: Anvisa; 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Monitoramento do Plano de Redução de Sódio em Alimentos Processados**. Brasília, 2013.

CAMPBELL, N. R. C.; JOHNSON, J. A.; CAMPBELL, T. S. Sodium Consumption: An Individual's Choice? **International Journal of Hypertension**, v. 2012, p. 860-954, 3 jan. 2012.

CERÓN-GUEVARA, M. I.; RANGEL-VARGAS, E.; LORENZO, J. M.; BERMÚDEZ, R.; PATEIRO, M.; RODRÍGUEZ, J. A.; SÁNCHEZ-ORTEGA, I.; SANTOS, E. M. Reduction of Salt and Fat in Frankfurter Sausages by Addition of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* Flour. **Foods**, v. 9, n. 6, p. 760, 2020.

CHEKRI, R.; NOËL, L.; MILLOUR, S.; VASTEL, C.; KADAR, A.; SIROT, V.; LEBLANC, J. C.; GUÉRIN, T. Calcium, magnesium, sodium and potassium levels in foodstuffs from the second French Total Diet Study. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 25, n. 2, p. 97–107, 2011.

CHEN, W.; LI, W.; YANG, Y.; YU, H.; ZHOU, S.; FENG, J.; LI, X.; LIU, Y. Analysis and evaluation of tasty components in the pileus and stipe of *Lentinula edodes* at different growth stages. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 3, p. 795-801, 2015.

CHO, I. H.; CHOI, H. K.; KIM, Y. S. Comparison of umami-taste active components in the pileus and stipe of pine-mushrooms (*Tricholoma matsutake* Sing.) of different grades. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 804–807, 2010.

CHOU, W. T.; SHEIH, I. C.; FANG, T. J. The applications of polysaccharides from various mushroom wastes as prebiotics in different systems. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 7, 2013.

DE CARVALHO, F. A. L.; MUNEKATA, P. E. S.; PATEIRO, M.; CAMPAGNOL, P. C. B.; DOMÍNGUEZ, R.; TRINDADE, M. A.; LORENZO, J. M. Effect of replacing backfat with vegetable oils during the shelf-life of cooked lamb sausages. **Lwt**, v. 122, p. 109052, 2020.

DERMIKI, M.; MOUNAYAR, R.; SUWANKANIT, C.; SCOTT, J.; KENNEDY, O. B.; MOTTRAM, D. S.; A GOSNEY, M. A.; BLUMENTHAL, H.; METHVEN, L. Maximising umami taste in meat using natural ingredients: effects on chemistry, sensory perception and hedonic liking in young and old consumers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 13, p. 3312-3321, 2013b.

DERMIKI, M.; PHANPHENSOPHON, N.; MOTTRAM, D. S.; METHVEN. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minced meat. **Food chemistry**, v. 141, n. 1, p. 77-83, 2013a.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, p. 188–196, 2006.

DOMÍNGUEZ, R.; BORRAJO, P.; LORENZO, J. M. The effect of cooking methods on nutritional value of foal meat. **Journal of food Composition and Analysis**, v. 43, p. 61-67, 2015.

DOMÍNGUEZ, R.; PURRIÑOS, L.; PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C.; PATEIRO, M.; BARBA, F. J.; TOMASEVIC, I.; CAMPAGNOL, P. C. B.; LORENZO, J. M.

Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. **Food Analytical Methods**, v. 12, n. 6, p. 1263-1284, 2019.

DOS SANTOS, B. A. D., CAMPAGNOL, P. C. B., MORGANO, M. A., & POLLONIO, M. A. R. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. **Meat Science**, v. 96, p 509-513, 2014.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 9, n. 1, p. 44-56, 2010.

FELLENDORF, S.; KERRY, J. P.; HAMILL, R. M.; O'SULLIVAN, M. G. Impact on the physicochemical and sensory properties of salt reduced corned beef formulated with and without the use of salt replacers. **LWT**, v. 92, p. 584-592, 2018.

FERNANDES, D. D. S.; ROMEO, F.; KREPPER, G.; DI NEZIO, M. S.; PISTONESI, M. F.; CENTURIÓN, M. E.; DE ARAÚJO, M. C. U.; DINIZ, P. H. G. D. Quantification and identification of adulteration in the fat content of chicken hamburgers using digital images and chemometric tools. **LWT - Food Science and Technology**, v. 100, p 20-27, 2018.

FLORES, M. **The Eating Quality of Meat: III-Flavor**. In Lawrie's Meat Science: Eighth Edition. Elsevier, p.383-417, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

FURLANI, R.P.Z.; GODOY, H.T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis: uma revisão. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p 149-154, 2005.

GAUDETTE, N. J. Flavor Enhancers and Modifiers. **Encyclopedia of Food Chemistry**, p.101-103, 2018.

GUJRAL, H. S.; KAUR, A.; SINGH, N.; SODHI, N. S. Effect of liquid whole egg, fat and textured soy protein on the textural and cooking properties of raw and baked patties from goat meat. **Journal of Food Engineering**, v. 53, n. 4, p. 377-385, 2002.

HARADA-PADERMO, S. S.; DIAS-FACETO, L. S.; SELANI, M. M.; FLOH, E. I. S.; MACEDO, A. F.; CONTI-SILVA, A. C.; VIEIRA, T. M. F. S. Optimization of umami compounds extraction from shiitake (*Lentinula edodes*) byproducts. In: 13º SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2019, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas/ Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2019.

HARADA-PADERMO, S. S.; DIAS-FACETO, L. S.; SELANI, M. M.; ALVIM, I. D.; FLOH, E. I. S.; MACEDO, A. F.; BOGUSZ, S.; DIAS, C. T. S.; CONTI-SILVA, A. C.;

VIEIRA, T. M. F. S. Umami Ingredient: flavor enhancer from shiitake (*Lentinula edodes*) byproducts. **Food Research International**, 2020.

HAUTRIVE, T.P.; PICCOLO, J.; RODRIGUES, Â. S.; CAMPAGNOL, P.C.B.; KUBOTA, E.H. Effect of fat replacement by chitosan and golden flaxseed flour (wholemeal and defatted) on the quality of hamburgers. **LWT - Food Science and Technology**, 2019.

HEREU, A.; DALGAARD, P.; GARRIGA, M.; AYMERICH, T.; BOVER-CID, S. Modeling the high pressure inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* on RTE cooked meat products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 16, p. 305-315, 2012.

INGUGLIA, E. S.; KERRY, J. P.; BURGESS, C. M.; TIWARI, B. K. Salts and Salt Replacers. In: VARELIS, P.; MELTON, L.; SHAHIDI, F. (Ed.). **Encyclopedia of Food Chemistry**. Estados Unidos: Elsevier, 2018. p. 235-239.

INGUGLIA, E. S.; ZHANG, Z.; TIWARI, B. K.; KERRY, J. P.; BURGESS, C. M. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 70–78, 2017.

ITO, Y.; TOYODA, M.; SUZUKI, H.; IWAIDA, M. gas-liquid chromatographic determination of lenthionine in shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) with special reference to the relation between carbon disulfide and lenthionine. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 4, p. 1287-1289, 1978.

KAWAI, M.; SEKINE-HAYAKAWA, Y.; OKIYAMA, A.; NINOMIYA, Y. Gustatory sensation of l- and d-amino acids in humans. **Amino acids**, v. 43, n. 6, p. 2349-2358, 2012.

KLOSS, L.; MEYER, J. D.; GRAEVE, L.; VETTER, W. Sodium intake and its reduction by food reformulation in the European Union – A review. **NFS Journal**, v.1, p. 9-19, 23 abr. 2015.

KURIHARA, K.; KASHIWAYANAGI, M. Physiological studies on umami taste. **The Journal of nutrition**, v. 130, n. 4, p. 931S-934S, 2000.

KURT, A.; GENÇCELEP, H. Enrichment of meat emulsion with mushroom (*Agaricus bisporus*) powder: Impact on rheological and structural characteristics. **Journal of Food Engineering**, v. 237, p. 128-136, 2018.

LEE, K. C.; EUN, J. B.; HWANG, S. J. Physicochemical properties and sensory evaluation of mandarin (*Citrus unshiu*) beverage powder spray-dried at different inlet air temperatures with different amounts of a mixture of maltodextrin and corn syrup. **Food science and biotechnology**, v. 25, n. 5, p. 1345-1351, 2016.

LI, S.; WANG, A.; LIU, L.; TIAN, G.; WEI, S.; XU, F. Evaluation of nutritional values of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) stipes. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, n. 3, p. 2012-2019, 2018.

LÓPEZ-PEDROUSO, M.; PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C.; FRANCO, D.; CARBALLO, J.; ZAPATA, C.; LORENZO, J. M. Molecular insight into taste and aroma of

sliced dry-cured ham induced by protein degradation undergone high-pressure conditions. **Food Research International**, v. 122, p. 635-642, 2019.

LORENZO, J. M.; CARBALLO, J. Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. **Meat Science**, v. 99, p. 44-51, 2015.

LORENZO, J. M.; CITTADINI, A.; BERMÚDEZ, R.; MUNEKATA, P. E.; DOMÍNGUEZ, R. Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl₂ and MgCl₂ on proteolysis, lipolysis and sensory properties during the manufacture of dry-cured lacón. **Food Control**, v. 55, p. 90-96, 2015.

MATTAR, T. V.; GONÇALVES, C. S.; PEREIRA, R. C.; FARIA, M. A.; SOUZA, V. R.; CARNEIRO, J. D. D. S. A shiitake mushroom extract as a viable alternative to NaCl for a reduction in sodium in beef burgers: A sensory perspective. **British Food Journal**, v. 120, n. 6, p. 1366-1380, 2018.

MERLO, T. C.; LORENZO, J. M.; SALDAÑA, E.; PATINHO, I.; OLIVEIRA, A. C.; MENEGALI, B. S.; ... CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Relationship between volatile organic compounds, free amino acids, and sensory profile of smoked bacon. **Meat Science**, 2021 (submitted for publication).

MILL, J. G., MALTA, D. C., MACHADO, Í. E., PATE, A., PEREIRA, C. A., JAIME, P. C., ... & ROSENFELD, L. G. Estimation of salt intake in the Brazilian population: Results from the 2013 national health survey. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, p. E190009. SUPL. 2, 2019.

NARVÁEZ-RIVAS, M.; GALLARDO, E.; LEÓN-CAMACHO, M. Analysis of volatile compounds from Iberian hams: a review. **Grasas y Aceites**, v. 63, n. 4, p. 432-454, 2012.

NILSON, E. A. F.; JAIME, P. C.; RESENDE, D. DE O. Iniciativas desenvolvidas no Brasil para a redução do teor de sódio em alimentos processados. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 32, n. 4, p. 287-292, 2012.

NOVAKOVIC, S.; DJEKIC, I.; KLAUS, A.; VUNDUK, J.; DJORDJEVIC, V.; TOMOVIĆ, V.; SOJI, B.; TANACKOV, S. K.; LORENZO, J. M.; BARBA, F. J.; TOMASEVIC, I. The effect of *Cantharellus cibarius* addition on quality characteristics of frankfurter during refrigerated storage. **Foods**, v. 8, n. 12, p. 635, 2019.

OLIVARES, A.; NAVARRO, J. L.; FLORES, M. Distribution of volatile compounds in lean and subcutaneous fat tissues during processing of dry fermented sausages. **Food Research International**, v. 42, n.9, p. 1303-1308, 2009.

ORDONEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, Vol. 2, 2005.

PATINHO, I.; SALDAÑA, E.; SELANI, M. M.; CAMARGO, A. C.; MERLO, T. C.; MENEGALI, B. S.; SILVA, A. P. S.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Use of *Agaricus bisporus* mushroom in beef burgers: antioxidant, flavor enhancer and fat replacing potential. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 1, n. 1, p. 7, 2019.

PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C.; CARBALLO, J.; FULLADOSA, E.; GARCIA-PEREZ, J. V.; BENEDITO, J.; LORENZO, J. M. Effect of proteolysis index level on instrumental adhesiveness, free amino acids content and volatile compounds profile of dry-cured ham. **Food Research International**, v. 107, p. 559-566, 2018a.

PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C.; CARBALLO, J.; FULLADOSA, E.; GARCIA-PEREZ, J. V.; BENEDITO, J.; LORENZO, J. M. Application of temperature and ultrasound as corrective measures to decrease the adhesiveness in dry-cured ham. Influence on free amino acid and volatile compound profile. **Food Research International**, v. 114, p. 140-150, 2018b.

PHAT, C.; MOON, B.; LEE, C. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system. **Food chemistry**, v. 192, p. 1068-1077, 2016.

PIL-NAM, S.; PARK, K-M.; KANG, G-H.; CHO, S-H.; PARK, B.-Y; VAN-BA, H. The impact of addition of shiitake on quality characteristics of frankfurter during refrigerated storage. **Food Science and Technology**, v. 62, p. 62-68, 2015.

POOJARY, M. M.; ORLIEN, V.; PASSAMONTI, P.; OLSEN, K. Enzyme-assisted extraction enhancing the umami taste amino acids recovery from several cultivated mushrooms. **Food chemistry**, v. 234, p. 236-244, 2017b.

POOJARY, M. M.; ORLIEN, V.; PASSAMONTI, P.; OLSEN, K. Improved extraction methods for simultaneous recovery of umami compounds from six different mushrooms. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, p. 171-183, 2017a.

RAMÍREZ, R.; CAVA, R. Volatile profiles of dry-cured meat products from three different Iberian X Duroc genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 5, p. 1923-1931, 2007.

RIBEIRO, M. N.; ROCHA, R. A. R.; ROCHA, L. C. R.; BATISTA, M. C. M.; CAMPIDELLI, M. L. L.; CARNEIRO, J. D. S. Utilização de realçadores de sabor em carne moída com redução de 25% de cloreto de sódio. In: XXV CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA. Lavras, 2016.

RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑA, E.; CRUZADO-BRAVO, M. L.; PATINHO, I.; SELANI, M. M.; VALENTIN, D.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. **Food Research International**, v. 121, p. 288-295, 2019.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. **Meat Science**, v. 90, n. 1, p. 106–115, 2012.

ROYSE D. J.; BAARS, J.; TAN, Q. Current overview of mushroom production in the world. **Edible and Medicinal Mushrooms, Technology and Applications**, p. 5–13, 2016.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, p. 531–541, 2005.

RUUSUNEN, M.; SIMOLIN, M.; PUOLANNE, E. The effect of fat content and flavor enhancers on the perceived saltiness of cooked ‘bologna-type’ sausages. **Journal of Muscle Foods**, v. 12, p. 107-120, 2001.

RUUSUNEN, M.; VAINIONPÄÄ, J.; LYLY, M.; LÄHTEENMÄKI, L.; NIEMISTÖ, M.; AHVENAINEN, R.; PUOLANNE, E. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. **Meat Science**, v. 69, p. 53-60, 2005.

SARNO, F.; CLARO, R. M.; LEVY, R. B.; BANDONII, D. H.; MONTEIRO, C. A. Estimated sodium intake for the Brazilian population, 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 3, p. 571–578, 2013.

SELANI, M. M.; SHIRADO, G. A.; MARGIOTTA, G. B.; SALDAÑA, E.; SPADA, F. P.; PIEDADE, S. M.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, v. 112, p. 69–76, 3 nov. 2016.

SILVA, T. T.; SOUZA, O. S.; KAWAMOTO J.R., L. T.; MORETTI, T. T. Mapeamento da cadeia produtiva do cogumelo no alto tietê. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 121, 2018.

SONCIN, S.; CHIESA, L. M.; CANTONI, C.; BIONDI, P. A. Preliminary study of the volatile fraction in the raw meat of pork, duck and goose. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 5, p. 436-439, 2007.

SUN, L.; ZHANG, Z.; XIN, G.; SUN, B.; BAO, X.; WEI, Y.; ZHAO, X.; XU, H. Advances in umami taste and aroma of edible mushrooms. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 176-187, 2019.

TESTA, P. A. **Redução de sódio em hambúrguer misto de frango e bovino com substitutos comerciais**. 2016. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

TIAN, Y.; ZHAO, Y.; HUANG, J.; ZENG, H.; ZHENG, B. Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. **Food Chemistry**, v. 197, p. 714-722, 2016.

TOBIN, B. D.; O'SULLIVAN, M. G.; HAMILL, R. M.; KERRY, J. P. Effect of varying salt and fat levels on the sensory quality of beef patties. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 460-465, 2012.

VAN BA, H.; SEO, H. W.; CHO, S. H.; KIM, Y. S.; KIM, J. H.; HAM, J. S.; PARK, B. Y.; NAM, S. P. Antioxidant and anti-foodborne bacteria activities of shiitake by-product extract in fermented sausages. **Food Control**, v. 70, p. 201-209, 2016.

WAN ROSLI, W. I.; SOLIHAN, M. A.; AISHAH, M.; NIK FAKURUDIN, N. A.; MOHSIN, S. S. J. Colour, textural properties, cooking characteristics and fibre content of chicken patty added with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*). **International food research journal**, v. 18, n. 2, 2011.

WONG, K. M.; CORRADINI, M. G.; AUTIO, W.; KINCHLA, A. J. Sodium reduction strategies through use of meat extenders (white button mushrooms vs. textured soy) in beef patties. **Food science & nutrition**, v. 7, n. 2, p. 506-518, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on noncommunicable diseases**. 2014. World Health, p. 176, 2014.

WU, C.; WANG, Z. Volatile compounds in fresh and processed shiitake mushrooms (*Lentinus edodes* Sing.). **Food science and technology research**, v. 6, n. 3, p. 166-170, 2000.

XI, J.; ZHAN, P.; TIAN, H.; WANG, P. Effect of Spices on the Formation of VOCs in Roasted Mutton Based on GC-MS and Principal Component Analysis. **Journal of Food Quality**, v. 2019, 2019.

XU, L.; FANG, X.; WU, W.; CHEN, H.; MU, H.; GAO, H. Effects of high-temperature pre-drying on the quality of air-dried shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*). **Food chemistry**, v. 285, p. 406-413, 2019.

YANG, J.; LIN, H.; MAU, J. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms. **Food chemistry**, v. 72, n. 4, p. 465-471, 2001.

YANG, X.; ZHANG, Y.; KONG, Y.; ZHAO, J.; SUN, Y.; HUANG, M. Comparative analysis of taste compounds in shiitake mushrooms processed by hot-air drying and freeze drying. **International Journal of Food Properties**, v. 22, n. 1, p. 1100-1111, 2019.

ZHANG, H.; PENG, J.; ZHANG, Y. R.; LIU, Q.; PAN, L. Q.; TU, K. Discrimination of Volatiles of Shiitakes (*Lentinula edodes*) Produced during Drying Process by Electronic Nose. **International Journal of Food Engineering**, v. 16, n. 1-2, 2020.

ZHANG, Y.; VENKITASAMY, C.; PANB, Z.; WANGA, W. Recent developments on umami ingredients of edible mushrooms - A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 33, p. 78-92, 2013.

ZHU, J. C.; WANG, L. Y.; XIAO, Z. B.; NIU, Y. W. Characterization of the key aroma compounds in mulberry fruits by application of gas chromatography–olfactometry (GC-O), odor activity value (OAV), gas chromatography-mass spectrometry (GC–MS) and flame photometric detection (FPD). **Food chemistry**, v. 245, p. 775-785, 2018.