



RENATA ABADIA REIS ROCHA

**REALÇADORES DE SABOR: QUAL O EFEITO DA MATRIZ
ALIMENTÍCIA EM SUA CAPACIDADE DE INTENSIFICAR O
GOSTO SALGADO?**

**LAVRAS-MG
2021**

RENATA ABADIA REIS ROCHA

**REALÇADORES DE SABOR: QUAL O EFEITO DA MATRIZ ALIMENTÍCIA EM SUA
CAPACIDADE DE INTENSIFICAR O GOSTO SALGADO?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Desenvolvimento e avaliação funcional, química, biológica e sensorial de alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. João de Deus Souza Carneiro
Orientador

Prof. Dr. Roney Alves da Rocha
Coorientador

**LAVRAS-MG
2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Rocha, Renata Abadia Reis.

Realçadores de sabor: Qual o efeito da matriz alimentícia em sua capacidade de intensificar o gosto salgado? / Renata Abadia Reis Rocha. - 2021.

116 p. : il.

Orientador(a): João de Deus Souza Carneiro.

Coorientador(a): Roney Alves da Rocha.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Glutamato monoamônico. 2. Glutamato monossódico. 3. Guanilato dissódico. I. Carneiro, João de Deus Souza. II. Rocha, Roney Alves da. III. Título.

RENATA ABADIA REIS ROCHA

**REALÇADORES DE SABOR: QUAL O EFEITO DA MATRIZ ALIMENTÍCIA EM SUA
CAPACIDADE DE INTENSIFICAR O GOSTO SALGADO?**

**FLAVOR ENHANCERS: WHAT IS THE EFFECT OF THE FOOD MATRIX ON YOUR
ABILITY TO INTENSIFY SALTY TASTE?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Desenvolvimento e Avaliação Funcional, Química, Biológica e Sensorial de Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 03 de agosto de 2021.

Dr. Roney Alves da Rocha	UFLA
Dra. Carla Saraiva Gonçalves	SENAR MG
Dra. Fabrícia Queiroz Mendes	UFV
Dr. Paulo Sérgio Monteiro	UFV

Prof. Dr. João de Deus Souza Carneiro
Orientador

**LAVRAS-MG
2021**

*Aos meus amados pais, Alenir e Joana, por todo
amor, incentivo, apoio e dedicação.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

“A Ele toda honra e toda a glória”. Agradeço a Deus, por ser minha rocha e fortaleza, sempre renovando minhas forças.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pela grande oportunidade e contribuição para minha formação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos e apoio na realização desse trabalho.

Ao meu orientador João de Deus e ao meu coorientador, Roney por todo apoio, amizade, paciência e dedicação e, ainda, por todos os conselhos, orientações e ensinamentos enriquecedores durante toda minha jornada acadêmica. Exemplos de profissionalismos e seres humanos, os quais pretendo seguir.

Aos meus pais, Joana e Alenir, pelo amor, dedicação, motivação e confiança imensurável, com que sempre pude contar. Agradeço a compreensão e o apoio em todos os momentos, vocês são (e sempre serão) meu amor maior e meu exemplo de vida!

À minha irmã Lenízy e à minha ‘quase irmã’ Amanda, por todo companheirismo, amizade, cumplicidade e apoio incondicional. Por estarem sempre ao meu lado, dando-me força, alegrando e tornando meus dias melhores.

À minha Vovó Leny e a toda a minha família e amigos, pelas orações e por torcerem sempre pelo meu sucesso!

Aos meus afilhados Pedro, Emanuele e João Lucas, por colorirem meus dias com muito amor.

Aos que tanto me ajudaram na execução deste trabalho (Lenízy, Michele, Betânia, Bárbara, Michelle, Priscila, Natália, Juliana e Andrea) pela dedicação, apoio na execução deste trabalho e, principalmente, pela amizade em todos os momentos, permanecendo firmes comigo nos momentos mais difíceis e cansativos.

Aos meus provadores: Amanda, Ana Alice, Angélica, Bárbara, Betânia, Fernanda, Hugo, Jéssica, João Renato, Laura, Lívio, Lenízy, Mariá, Michele, Michelle, Nathane, Pedro, Ronaldo e Sérgio pela amizade e apoio nas análises sensoriais. Vocês foram fundamentais para a execução deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Desenvolvimento de Novos Produtos, especialmente à Marina, Carla Saraiva, Ana Paula e à Carla Benfeito pela amizade, apoio e troca de experiências.

Aos amigos do Laboratório de Engenharia de Alimentos e Análise Sensorial, pela amizade, parceria, apoio e troca de experiências.

A todos os colegas do DCA, pela amizade e pelos momentos gratificantes.

A todos os funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, em especial Cidinha, Creuza, Tina, Lucilene, Ana Alice e Felipe pela convivência e boa vontade em auxiliar e ensinar.

A todos os professores que tanto contribuíram com o meu crescimento pessoal e profissional.

À Ajinomoto® pelo apoio e pela doação dos realçadores de sabor.

À Croques pela doação das amostras de batata-palha.

À Newmax pela doação de tripolifosfato de sódio.

Enfim, a todos que contribuíram para a concretização deste trabalho.

Muito obrigada!

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará
ao seu tamanho original.” (Albert Einstein)*

RESUMO

Aumentar a percepção do gosto salgado por meio do uso de realçadores de sabor é uma estratégia promissora para reduzir a quantidade de cloreto de sódio (NaCl) nos alimentos. Desse modo, o objetivo deste estudo foi (i) avaliar a capacidade dos realçadores de sabor glutamato monoamônico (MAG), glutamato monossódico (MSG), guanilato dissódico (GMP) e inosinato dissódico (IMP) em intensificar o gosto salgado em matrizes alimentares (batata palha, requeijão e hambúrguer bovino) com redução de NaCl; (ii) avaliar o potencial de uso de MAG utilizando perfil temporal e teste afetivo em batata palha, requeijão e hambúrguer bovino com reduzido teor de NaCl. Os experimentos foram conduzidos utilizando um delineamento composto central rotacional (DCCR) com duas variáveis: concentração dos realçadores de sabor e concentração de NaCl adicionado na matriz alimentar. Para avaliar o perfil temporal das matrizes alimentícias adicionadas de MAG foram utilizados a análise de tempo intensidade (TI), análise de dominância temporal das sensações (TDS) e teste de aceitação, como teste afetivo. O efeito do IMP não foi significativo na intensidade do gosto salgado em nenhuma das matrizes analisadas. O GMP apresentou desempenho inferior em relação ao MAG e ao MSG na intensificação do gosto salgado das amostras, independentemente da redução do teor NaCl. Comparado ao MSG e GMP, o MAG apresentou maior eficiência em intensificar o gosto salgado em requeijão e hambúrguer bovino nas reduções de 25%, 50%, 75% e 100% do teor de NaCl. O MSG apresentou maior eficiência em relação ao MAG e GMP quando utilizado em batata palha para todas as reduções de NaCl testadas (25%, 50% e 75%). Foi observado pela análise de TI para gosto salgado que todos os tratamentos apresentaram médias de intensidade de gosto salgado igual ou superior ao controle. Quanto a intensidade de gosto umami observou-se que a matriz alimentícia influenciou nas médias obtidas, em que o requeijão apresentou maiores notas de intensidade de gosto umami que as demais matrizes. Na análise de TDS observou-se que as amostras de batata palha e requeijão apresentaram perfil temporal semelhante. Nos testes de aceitação apenas os tratamentos de requeijão apresentaram médias significativamente inferiores ao controle. Desse modo, a capacidade dos realçadores de sabor (MAG, MSG e GMP) em intensificar o gosto salgado depende do efeito do realçador de sabor, da complexidade da matriz alimentícia e da redução de NaCl nos alimentos. Constatou-se que o MAG apresentou potencial de uso para batata-palha e hambúrguer bovino. Com a adição de 2% de MAG na formulação foi possível reduzir o teor de NaCl em até 50% em batata-palha e em até 65% em hambúrguer bovino, sem comprometer a percepção temporal do gosto salgado e a aceitação sensorial. Entretanto, o MAG não apresentou potencial de uso para reduzir o teor de NaCl em requeijão, pois a adição de 2% de MAG provocou uma redução na aceitação sensorial.

Palavras-chave: Redução do teor de sódio. Glutamato monoamônico. Glutamato monossódico. Guanilato dissódico. Inosinato dissódico.

ABSTRACT

The increase in the salty perception taste through the use of flavor enhancers is a promising strategy to reduce the amount of sodium chloride (NaCl) in foods. Thus, the aim of this study was (i) to evaluate the ability of monoammonium glutamate (MAG), monosodium glutamate (MSG), disodium guanylate (GMP) and disodium inosinate (IMP) flavor enhancers to intensify the salty taste of food matrices (shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burgers) with NaCl reduction; (ii) to evaluate the potential use of MAG using temporal profile and affective test in potato, requeijão cheese and beef burgers with reduced NaCl content. The experiments were conducted using a central composite rotational design (CCRD) with two variables: flavor enhancer content and NaCl content of the food matrix. To assess the temporal profile of food matrices added with MAG, time intensity analysis (TI), temporal dominance of sensations analysis (TDS) and acceptance test were used as an affective test. The effect of IMP was not significant in the intensity of salty taste in any of the analyzed matrices. GMP presented lower performance compared to MAG and MSG to intensify the salty taste of samples, regardless of the reduction in the NaCl content. Compared to MSG and GMP, MAG showed greater efficiency in intensifying the salty taste in requeijão cheese and beef burgers with the reductions of 25%, 50%, 75% and 100% of the NaCl content. MSG presented greater efficiency compared to MAG and GMP when applied to shoestring potatoes for all NaCl reductions tested (25%, 50% and 75%). It was observed by the TI analysis for salty taste that all treatments had mean salty taste intensity equal to or greater than the control. As for the intensity of the umami taste, it can be observed that the food matrix influenced the averages obtained, in which the requeijão cheese had higher notes of intensity of umami taste than the other matrices. In the TDS analysis, it was observed that the samples of shoestring potatoes and requeijão cheese had a similar temporal profile. In the acceptance analysis, only the requeijão cheese treatments presented means significantly lower than the control. Thus, the ability of flavor enhancers (MAG, MSG and GMP) to intensify the salty taste was dependent of the effect of the flavor enhancer, the complexity of the food matrix and the reduction of NaCl in the foods. It can also be seen that MAG presented potential use for shoestring potatoes and beef burgers. The application of MAG showed different effects on the intensification of the salty taste, and it is possible to state that its use is able to reduce the NaCl content by 50% in shoestring potatoes and 65% in beef burgers. However, MAG did not show potential use to reduce the NaCl content in requeijão cheese. The addition of 2% MAG in requeijão cheese reduced its sensory acceptance.

Keywords: Reduction of sodium content. Monoammonium glutamate. Monosodium glutamate. Disodium guanylate. Disodium inosinate.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	11
1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Cloreto de sódio.....	14
2.2	Cloreto de sódio e suas aplicações na indústria de alimentos.....	14
2.3	Consumo de sódio no brasil e no mundo	16
2.4	Doenças relacionadas ao consumo excessivo de sal	17
2.5	Estratégias para redução do teor de sódio	19
2.5.1	Substitutos para o NaCl	19
2.5.2	Modificações físicas nos cristais NaCl	20
2.5.3	Redução gradativa da concentração de cloreto de sódio	21
2.5.4	Realçadores de sabor	21
2.5.4.1	Aspectos gerais	21
2.5.4.2	Glutamato Monossódico (MSG).....	24
2.5.4.3	Glutamato Monoamônico (MAG).....	26
2.5.4.4	Inosinato Dissódico (IMP).....	27
2.5.4.5	Guanilato Dissódico (GMP).....	29
2.5.4.6	Produção industrial dos realçadores de sabor	31
2.5.4.7	Segurança alimentar dos realçadores de sabor.....	32
2.5.4.7.1	Avaliações de segurança - JECFA	32
2.5.4.7.2	Avaliações de segurança - FASEB	34
2.5.4.7.3	Normas nacionais e internacionais para os realçadores de sabor	35
2.6	Análise sensorial e os sais	36
2.6.1	Fisiologia do gosto salgado.....	38
2.6.2	Fisiologia do gosto umami.....	41
2.7	Matrizes alimentares e a percepção de gosto salgado	42
	REFERÊNCIAS.....	45
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	62
	ARTIGO 1 - EFFECT OF THE FOOD MATRIX ON THE CAPACITY OF FLAVOR ENHANCERS IN INTENSIFYING SALTY TASTE.....	62
	ARTIGO 2 - MONOAMMONIC GLUTAMATE: WHAT IS ITS POTENTIAL IN REDUCING THE SODIUM CHLORIDE CONTENT IN DIFFERENT FOOD MATRICES?.....	88

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O cloreto de sódio (NaCl), conhecido popularmente como sal de cozinha, é composto por 40% de sódio e 60% de cloreto (POHL; WHEELER; MURRAY, 2013). O sódio está presente em quase todos os alimentos, seja de forma natural ou adicionado. É utilizado no processamento de alimentos para conferir gosto salgado e realçar sabor, além de atuar como conservante e estabilizante (POHL; WHEELER; MURRAY, 2013; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2019).

O sódio é um nutriente considerado essencial para os organismos biológicos, apresentando importante papel em vários processos fisiológicos, incluindo a condução de impulsos nervosos, contração e relaxamento dos músculos e manutenção do equilíbrio adequado de água e sais minerais (COSTA *et al.*, 2019; KIM *et al.*, 2018; POHL; WHEELER; MURRAY, 2013; RIOS-MERA *et al.*, 2021). Em indivíduos saudáveis, quase 100% do sódio consumido é absorvido durante a digestão e a excreção urinária é o principal mecanismo para manter o equilíbrio desse mineral (POHL; WHEELER; MURRAY, 2013).

O consumo médio de sódio pela população mundial foi estimado em 3,95 g/dia, com variação de 2,18 a 5,51 g/dia (MICHA *et al.*, 2017). Com base nesses dados, pode-se estimar que a população mundial consome sódio em excesso, já que a recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre a ingestão de sódio para adultos é de, no máximo, 2,0 g/dia (WHO, 2012).

O consumo excessivo de sódio é um dos principais fatores de risco dietético para o aumento da ocorrência de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs), como hipertensão e doenças cardiovasculares; também outras complicações como doença renal crônica, obesidade e doenças hepáticas (COSTA *et al.*, 2019; DUGAT-BONY *et al.*, 2019; GRAUDAL; HUBECK-GRAUDAL; JURGENS, 2011; WHO, 2021). Nas últimas décadas essas doenças passaram a liderar as causas de óbito no Brasil (BRASIL, 2020b) e no mundo (WHO, 2021).

A alta ingestão de sódio também é um problema de saúde pública no Brasil, representando um grande custo para o Sistema Único de Saúde (SUS) e para a sociedade, pois muitas pessoas morrem prematuramente ou adoecem e deixam de trabalhar e produzir. Dessa forma, torna-se fundamental conscientizar a população sobre os benefícios da redução do consumo de cloreto de sódio e orientar escolhas mais saudáveis ao adquirir produtos alimentícios.

Por se tratar de um problema de saúde pública no Brasil e no mundo, as organizações nacionais e internacionais de saúde e a indústria de alimentos têm empreendido ações para reduzir os níveis de sódio em diversos produtos. Dessa forma, a OMS definiu referências globais para a quantidade de NaCl em diferentes categorias de alimentos, com o objetivo de reduzir o consumo de sal para menos de 5,0 g/dia até 2025, ou seja, reduzir o consumo de sódio para menos de 2,0 g/dia (WHO, 2021).

Porém, reduzir o teor de sódio em alimentos apresenta vários desafios e um deles é reduzir o teor de NaCl sem comprometer as características sensoriais dos produtos (HALIM *et al.*, 2020). Consequentemente, é essencial identificar compostos apropriados para manter a palatabilidade e determinar seus níveis ideais para compensar a perda de qualidade no sabor causada pela redução de sódio (JINAP *et al.*, 2016). Uma das alternativas para reduzir a concentração de sódio em produtos alimentícios é o uso de realçadores de sabor, pois permitem diminuir a concentração de NaCl sem reduzir a palatabilidade e a intensidade do gosto salgado dos alimentos (ROCHA *et al.*, 2020).

Os realçadores de sabor são substâncias encontradas naturalmente em alguns alimentos e são caracterizadas pela presença do aminoácido glutamato (ácido glutâmico) ou nucleosídeo inosinato e guanilato (inosina-5'-monofosfato e guanosina-5'-monofosfato) (KURIHARA, 2015). Vários realçadores de sabor estão disponíveis no mercado, porém os mais utilizados são os sais de glutamato, como o glutamato monossódico (MSG), glutamato de monoamônio (MAG) e nucleotídeos compostos por inosinato dissódico (IMP) e guanilato dissódico (GMP) (JINAP; HAJEB, 2010). Esses realçadores de sabor agem intensificando o gosto salgado. Segundo Yamaguchi e Kimizuka (1979) e Yamaguchi e Takahashi (1984), eles são responsáveis pela intensificação do gosto salgado, pois aumentam a salivação e proporcionando um ambiente químico favorável à percepção do gosto salgado pelas células gustativas.

Aumentar a percepção do gosto salgado por meio do uso de realçadores de sabor, como o MAG é uma estratégia promissora para reduzir a quantidade de sódio nos alimentos. No entanto, a capacidade de intensificar o gosto salgado dos realçadores de sabor depende não apenas do seu próprio efeito individual, mas também da matriz alimentar e da redução do teor de NaCl (ROCHA *et al.*, 2021). Dessa forma, o controle da percepção de sabores e gostos, especialmente do gosto salgado, pode ser dificultado no desenvolvimento de produtos, devido à complexidade da matriz alimentícia (GAUDETTE; PIETRASIK, 2017). A interação do sódio com os componentes da matriz alimentar parece ser o fenômeno chave na percepção de gosto salgado dos alimentos (BUSCH; YONG; GOH, 2013; KUO; LEE, 2014).

A água, proteínas e gorduras são alguns dos principais componentes dos alimentos, e cada componente tem um papel diferente na percepção do sódio. Por sua vez, o mecanismo de percepção do gosto salgado ainda não está totalmente elucidado e as relações entre as propriedades da matriz, liberação de sódio e percepção de gosto salgado ainda não são bem compreendidas. Há diversos estudos com resultados contraditórios que indicam um único componente da matriz alimentícia pode contribuir de várias maneiras para a percepção do gosto salgado (RIOS-MERA *et al.*, 2021).

Portanto, estudos que avaliem o uso de realçadores de sabor em diferentes matrizes com reduzido teor de cloreto de sódio são de grande relevância. Por isso o objetivo desse estudo foi avaliar o potencial de uso dos realçadores de sabor (glutamato monossódico, glutamato monoamônico, inosinato dissódico e guanilato dissódico) em diferentes matrizes alimentares (batatas palhas, requeijão e hambúrguer bovino) com redução teor de NaCl.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cloreto de sódio

A definição de sal para consumo humano refere-se ao “cloreto de sódio cristalizado extraído de fontes naturais, adicionado obrigatoriamente de iodo”. O produto deve apresentar-se sob a forma de cristais brancos, com granulação uniforme, ser inodoro e ter gosto salino/salgado próprio. Além disso, não pode apresentar sujidades, microrganismos patogênicos ou outras impurezas (BRASIL, 2000). Podem ser adicionados ao sal aditivos como os minerais (antiumectantes), desde que nos limites estabelecidos pela legislação vigente. A designação ‘sal de mesa’ refere ao sal refinado e sal refinado extra, nos quais foram adicionados antiiumectantes (FIB, 2013).

O cloreto de sódio (NaCl) é um sal inorgânico mineral encontrado na água do mar. Trata-se de um composto iônico isento de iodo, sendo o mesmo constituído do cátion Na^+ (40%) e do ânion Cl^- (60%). O sal é o principal ingrediente utilizado na culinária e na indústria alimentícia para atribuir gosto salgado e temperar os alimentos. O cátion Na^+ é o constituinte de maior importância no sal de cozinha (POHL; WHEELER; MURRAY, 2013; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2019).

O sódio é essencial para a saúde humana e não é produzido pelo nosso organismo. O íon Na^+ está associado a vários processos fisiológicos no corpo humano. É o componente mais abundante nos fluidos extracelulares e está relacionado com o transporte de nutrientes (POHL; WHEELER; MURRAY, 2013). Sua ingestão é essencial, pois contribui para o mecanismo de regulação da pressão arterial, transporte de água intracelular, transmissão de impulsos nervosos, contração muscular, regulação da pressão osmótica, manutenção de eletrólitos e despolarização da membrana da célula muscular (COSTA *et al.*, 2019; KIM *et al.*, 2018; POHL; WHEELER; MURRAY, 2013; RIOS-MERA *et al.*, 2021).

2.2 Cloreto de sódio e suas aplicações na indústria de alimentos

O sódio é um mineral naturalmente presente em diversos alimentos. Também é o constituinte principal do cloreto de sódio, que é um ingrediente essencial para a formulação de diversos produtos. Na indústria alimentícia, o mesmo é utilizado com várias funções técnicas, sendo um dos ingredientes mais utilizados no processamento de alimentos (BERNKLAU *et al.*, 2017).

O NaCl é um dos ingredientes mais usados como conservante. Essa característica, por exemplo, foi fundamental para o desenvolvimento humano ao longo da história, uma vez que permitia a conservação dos alimentos (LOBO; FERREIRA, 2021). O NaCl possui a capacidade de reduzir os valores de atividade de água (a_w) em alimentos, retardando ou até mesmo interrompendo processos vitais para os microrganismos (COSTA *et al.*, 2019; HU *et al.*, 2020). Assim, uma concentração elevada de NaCl pode gerar alterações no metabolismo microbiano, devido ao seu efeito osmótico (KIM *et al.*, 2018; LEE; LEE; KIM, 2019; LILIC *et al.*, 2015).

No processamento de alimentos, atua como aglutinante de outros ingredientes, bem como no controle do processo de fermentação de determinados alimentos (KRÁL *et al.*, 2018). Também melhora a adsorção de água (KIM *et al.*, 2018) e é utilizado como agente para desidratar alimentos e matérias-primas alimentícias (COSTA *et al.*, 2019; HU *et al.*, 2020).

O NaCl é fundamental para ressaltar o sabor dos alimentos. Além disso, é utilizado para conferir textura e potencializar a cor de muitos alimentos para que fiquem mais agradáveis ao tato e visualmente mais atrativos (AKGÜN *et al.*, 2019; COSTA *et al.*, 2019). O uso mais habitual do cloreto de sódio, tanto na indústria de alimentos quanto de forma domiciliar é em carnes, produtos lácteos, panificação e conservas.

O cloreto de sódio desempenha importante papel em produtos cárneos devido às suas características multifuncionais. Além de conferir gosto salgado, o NaCl possui a capacidade de realçar o sabor da carne, contribuir com a segurança microbiológica do produto, por meio da redução da atividade de água, de facilitar a formação de gel entre a água e a gordura, proporcionando maior estabilidade ao produto (RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2019). Segundo Araujo *et al.* (2021) a capacidade do cloreto de sódio em reter água e diminuir a água livre no produto ocorre em função da forte atração entre os íons Cl^- e as moléculas de proteína. Isso as torna carregadas negativamente, gerando uma repulsão elétrica entre as mesmas. Com isso, há uma solubilização parcial das proteínas e um aumento do espaço entre elas, o que contribui com a retenção de água. Essa solubilização das proteínas miofibrilares é responsável por melhorar a textura, aumentar a viscosidade da massa cárnea e facilitar a incorporação de gordura formando massas estáveis (INGUGLIA *et al.*, 2017).

O produto lácteo mais importante envolvendo o uso de NaCl é o queijo. Geralmente, a concentração e a distribuição de NaCl no queijo possuem grande influência sobre vários aspectos de sua qualidade (DUGAT-BONY *et al.*, 2019). Pode influenciar no sabor, textura, cor e pode modificar a capacidade de hidratação ou a agregação de caseína dentro da matriz do queijo (COSTA *et al.*, 2019; SIHUFÉ *et al.*, 2018; TIDONA *et al.*, 2019). Além disso, o NaCl exerce funções específicas, como intervenções na formação da casca e na maturação do queijo

(DUGAT-BONY *et al.*, 2019). Além de inibir o crescimento de microrganismos contaminantes, pode auxiliar na sinérese da coalhada e no ajuste do teor de umidade final (COSTA *et al.*, 2019; DUGAT-BONY *et al.*, 2019).

Nos produtos de panificação, o NaCl contribui para o sabor e funções tecnológicas, tais como o desenvolvimento da rede de glúten, inibição da atividade de leveduras na fermentação, controle da atividade de água no pão (BERNKLAU *et al.*, 2017; REISSNER *et al.*, 2019). O efeito do sal também possui impacto direto nas propriedades da textura da massa: como consistência, módulo de elasticidade, propriedades extensionais e força (KRÁL *et al.*, 2018; RAFFO *et al.*, 2018).

Apesar da sua grande importância tecnológica para o processamento de alimentos, a alta ingestão de NaCl tem se tornado um problema de saúde pública. O consumo excessivo de NaCl é considerado um importante fator de risco no aumento da ocorrência de desenvolvimento de várias doenças crônicas não transmissíveis na população (WHO, 2021).

2.3 Consumo de sódio no Brasil e no mundo

Os alimentos industrializados são a principal fonte de sódio da dieta humana (BERNKLAU *et al.*, 2017). Por isso, na última década, as instituições de saúde pública e a indústria de alimentos têm empreendido ações para reduzir os níveis de NaCl em diversos produtos. A redução da ingestão de sódio pelas pessoas é uma prioridade global. A recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre a ingestão de sódio para adultos é de, no máximo, 2,0 g/dia, equivalendo a 5,0 g de NaCl/dia (WHO, 2012).

O consumo médio de sódio pela população mundial foi estimado no *Global Burden of Diseases Nutrition and Chronic Diseases Expert Group* (NUTRICODE). Foram levantados os dados de 66 países e, usando um modelo bayesiano hierárquico, estimou-se consumo médio de sódio em 3,95 g/dia, com variação de 2,18 a 5,51 g/dia. Com base nesses dados, pode-se estimar que a população mundial consome sal em excesso (MICHA *et al.*, 2017).

Desse modo, a ingestão de NaCl em vários países encontra-se acima do recomendado pela OMS. No Brasil, esses níveis de ingestão de sódio também se encontram significativamente altos. Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) (BRASIL, 2014) o brasileiro consome, em média, 9,34 g de NaCl/dia, com variação de consumo entre 8,0 a 12,0 g de NaCl/dia. Esses dados evidenciam que o brasileiro consome quase três vezes a quantidade máxima de NaCl recomendada pela OMS.

O consumo de NaCl na Europa foi estimado entre de 7,0 a 13,0 g/dia, de acordo com o Quadro de Redução de Sal da UE (EUROPEAN COMMISSION, 2013; SINESIO *et al.*, 2019). Nos Estados Unidos o consumo médio é igual a 8,5 g de NaCl/dia, o que é cerca de 1,5 vezes maior do que o limite recomendado. A maior fonte de sódio na dieta americana advém do consumo de carne bovina e sanduíches, representando 21% da ingestão de sódio (USDA, 2015; WONG *et al.*, 2019). Na França, a ingestão média diária de sal varia de, aproximadamente, 7,0 a 10,0 g de NaCl/dia e está bem acima das necessidades dietéticas.

A OMS afirma que cerca de três milhões de mortes poderiam ser evitadas a cada ano se o consumo global de sódio fosse reduzido ao valor recomendado (WHO, 2021). Portanto, é fundamental que a população seja conscientizada e que a indústria de alimentos reduza a quantidade de sódio adicionada nos alimentos, visando diminuir a sua ingestão pela população.

2.4 Doenças relacionadas ao consumo excessivo de sal

A crescente oferta de alimentos industrializados e com preços baixos (ricos em sódio, gorduras e açúcares) associado à redução da atividade física, pode ter resultado em alterações dos padrões do estado nutricional da população brasileira (BRASIL, 2020b). Essa mudança no perfil nutricional aliada à ingestão excessiva de sódio aumentou o risco de ocorrências de desenvolvimento de DCNTs, como hipertensão e doenças cardiovasculares. Além disso, também podem aumentar as chances de ocorrência do desenvolvimento de outras complicações, como doença renal crônica, obesidade e doenças hepáticas (COSTA *et al.*, 2019; DUGAT-BONY *et al.*, 2019; GRAUDAL; HUBECK-GRAUDAL; JURGENS, 2011; WHO, 2012, 2021), nefrolitíase recorrente, além de aumentar a excreção de cálcio na urina, favorecendo a osteoporose (GRAUDAL; HUBECK-GRAUDAL; JURGENS, 2011; HE; MACGREGOR, 2011; JOSE; VILLAR, 2019; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2019).

O desenvolvimento da hipertensão foi identificado como uma das principais consequências da ingestão excessiva de sódio (REDONDO-SOLANO *et al.*, 2021). O aumento da ingestão de sódio induz a retenção de água, resultando em um aumento correspondente no volume de líquido extracelular e um aumento nos níveis de pressão arterial. A hipertensão obriga o coração a exercer um esforço maior do que o normal para que o sangue seja distribuído corretamente no corpo (MORRISON; NESS, 2011). A hipertensão não tratada é um dos principais fatores de risco para a ocorrência de morte súbita, acidente vascular cerebral (derrame), infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca, doença arterial periférica e doença renal crônica (POHL; WHEELER; MURRAY, 2013).

A *American Medical Association* (AMA) estimou que ocorrem cerca de 150 mil mortes prematuras (pessoas com menos de 70 anos) nos Estados Unidos devido à hipertensão a cada ano (REDONDO-SOLANO *et al.*, 2021). Muitas pessoas nos EUA também sofrem de hipertensão, principalmente devido à ingestão excessiva de sal derivado de alimentos industrializados e alimentos processados (RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2019). Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2019, cerca de 38,1 milhões de brasileiros possuem hipertensão, o que corresponde a 23,9% da população acima de 18 anos. A doença é responsável, direta ou indiretamente, por metade das mortes por doenças cardiovasculares, cerca de 200 mil todos os anos (BRASIL, 2020b).

As doenças cardiovasculares (DCV) são a principal causa de morte e invalidez em todo o mundo, sendo responsáveis por 32% de todas as mortes (WHO, 2021). Nos Estados Unidos são a principal causa de morte, enquanto o AVC (acidente vascular cerebral) é a quinta principal causa (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2016).

Segundo Pereira *et al.* (2009), o elevado consumo de sódio também pode ser responsável por aumentar a excreção renal do cálcio, proporcionando uma diminuição na biodisponibilidade deste mineral. Acredita-se que a excreção urinária de cálcio aumenta entre 30 e 40 mg, para cada 2000 mg de sódio ingerido. Entretanto, quantidades de sódio inferiores a 2400 mg por dia não apresentam impacto negativo sobre os ossos. Dessa forma, uma dieta restrita em sódio (2000 mg por dia) pode ser benéfica para mulheres pós-menopausa, pois contribui com a manutenção da massa óssea e prevenção de osteoporose (MORAIS; BURGOS, 2007).

As DCNTs são responsáveis por mais de 17 milhões de mortes por ano em todo o mundo, muitas das quais são prematuras, evitáveis e resultam em perdas econômicas e desigualdades sociais (WHO, 2021). Há evidências clínicas de que diminuições na ingestão de sal e/ou sódio levam a reduções na pressão arterial e uma consequente diminuição no risco das DCNT mais incidentes.

A redução da ingestão de sódio demonstrou clinicamente reduzir a pressão arterial em curto prazo (SACKS *et al.*, 2001) e a mortalidade por acidente vascular cerebral e como eventos cardiovasculares a longo prazo e doenças renais (LAW, 2000; LEWINGTON *et al.*, 2002; WEBSTER *et al.*, 2017; WHO, 2013). Porém, um desafio significativo para a indústria de alimentos é a redução do teor de NaCl, pois o NaCl desempenha importantes funções tecnológicas e sensoriais nos alimentos (COSTA *et al.*, 2019; HALIM *et al.*, 2020; HU *et al.*, 2020).

2.5 Estratégias para redução do teor de sódio

Em resposta ao apelo urgente para a redução do teor de sódio em alimentos, várias estratégias têm sido propostas. Entretanto, um dos maiores desafios para a indústria alimentícia é encontrar formas de reduzir os níveis de sódio em seus produtos, mantendo a palatabilidade desses alimentos (AKGÜN *et al.*, 2019). O NaCl confere o gosto salgado, suprime o amargor, aumenta a palatabilidade e realça os sabores dos alimentos (KONGSTAD; GIACALONE, 2020; LIEM; MIREMADI; KEAST, 2011), portanto, qualquer redução substancial no teor de sódio pode resultar em uma menor aceitação dos produtos pelo consumidor (HALIM *et al.*, 2020).

Para que isso ocorra é necessário criatividade e inovação. Segundo a OMS são necessárias ações fortes, multifacetadas e multissetoriais para tal processo (WHO, 2021). De acordo com Wong *et al.* (2019), três estratégias principais são usadas na indústria de alimentos para reduzir o teor de sódio: substitutos do sódio, sódio com estruturas modificadas e potenciação da percepção do gosto salgado.

2.5.1 Substitutos para o NaCl

A substituição parcial ou total do cloreto de sódio por outros sais, como cloreto de potássio (KCl), cloreto de magnésio ($MgCl_2$), cloreto de cálcio ($CaCl_2$), fosfato de potássio (KH_2PO_4) e lactato de potássio ($C_3H_5KO_3$) tem sido uma das alternativas de redução de sódio mais aplicadas. No entanto, é comum utilizar sais minerais como um cátion alternativo para substituir o Na^+ , mas sua aceitabilidade é limitada devido ao gosto amargo e sabores metálicos perceptíveis, além de apresentarem poder de salga inferior ao cloreto de sódio, ou seja, é necessário utilizar uma quantidade maior para que se obtenha a mesma capacidade de conferir o gosto salgado do cloreto de sódio (FREIRE *et al.*, 2015).

O KCl é o substituto do NaCl mais utilizado, uma vez que suas propriedades físicas apresentam semelhança com o NaCl. Apresenta aproximadamente 80% da capacidade de salgar do NaCl, porém, devido a maior massa atômica do cátion (K^+), o KCl pode conferir sabores/gostos estranhos (amargo, metálico e residual) ao produto final, se for adicionado em alta concentração (>50% de substituição do NaCl) (CEPANEC *et al.*, 2017; DESMOND, 2006). Para contornar o problema, outros ingredientes, como o autolisado de levedura, nucleotídeos e temperos podem ser adicionados para maximizar o sabor e funcionalidades (AKGÜN *et al.*, 2019; CEPANEC *et al.*, 2017). Sais de ácidos orgânicos, tais como lactato de

sódio, lactato de potássio ou diacetato de sódio, também são usados em substituição ao NaCl para prolongar a vida útil e para proporcionar melhor controle de bactérias patogênicas de origem alimentar (DEVLIEGHERE *et al.*, 2009; SAMAPUNDO *et al.*, 2010).

2.5.2 Modificações físicas nos cristais NaCl

O uso de cristais de NaCl de tamanho reduzido e formatos distintos pode alterar a percepção de gosto salgado em alimentos. Usando esta abordagem, a intensidade de gosto salgado pode ser maximizada e o uso de menores quantidades de NaCl pode ser alcançado (RODRIGUES *et al.*, 2016; WONG *et al.*, 2019).

Estima-se que entre 70 e 95% do NaCl permanecem na matriz alimentar sem serem dissolvidos pela saliva (QUILAQUEO; DUIZER; AGUILERA, 2015), indicando que a maioria dos cristais de NaCl de tamanho regular são engolidos sem que o consumidor perceba o gosto salgado. A percepção do gosto salgado na boca aumenta quando o tamanho dos cristais de NaCl diminui. Esses cristais são caracterizados por uma maior área de superfície e baixa densidade, que aumenta a velocidade da reação de dissolução dos cristais pela saliva e sua difusão pela boca, permitindo a transferência eficiente de íons Na^+ para os canais receptores de sódio (CHINDAPAN; NIAMNUY; DEVAHASTIN, 2018).

Esses índices de redução da granulometria do NaCl são promissores quando aplicados a alimentos com reduzido teor de NaCl. Rama *et al.* (2013) observaram através do teste tempo-intensidade, que em alimentos do tipo snacks adicionados de cristais de NaCl em tamanhos inferiores a 106 μm foram caracterizados por apresentarem a máxima intensidade de gosto salgado em comparação com tratamentos de granulometrias maiores (106-425 μm e 425-710 μm). Moncada *et al.* (2015) demonstraram que o NaCl pode ser reduzido em 50% para biscoitos de queijo quando o tamanho dos cristais é reduzido para ~ 1,5 μm , sem afetar a cor do produto, aroma, crocância e gosto salgado. Freire *et al.* (2015) reduziram 51% de NaCl em batatas palhas usando cristais de NaCl de 26,1 μm e obtiveram gosto salgado semelhante ao controle (1,6% NaCl). Para o mesmo produto, Rodrigues *et al.* (2016) usando uma mistura de KCl, MSG e cristais de NaCl de tamanhos de 117 μm , conseguiram reduzir o teor de cloreto de sódio em até 69%, sem afetar a qualidade sensorial do produto.

2.5.3 Redução gradativa da concentração de cloreto de sódio

Outro exemplo prático de estratégia de redução de sódio é a redução gradual ao longo do tempo, em que os consumidores se adaptam às menores concentrações de NaCl utilizadas nos alimentos (INGUGLIA *et al.*, 2017). No entanto, esta estratégia requer consenso e compromisso entre a indústria e as autoridades de saúde (RIOS-MERA *et al.*, 2021). Essa é uma abordagem mais simples que, embora eficiente, pode demandar um tempo considerável para adaptação e é quantitativamente limitada, pois há a redução gradual do conteúdo de sódio por um longo período de tempo sem a introdução de novos componentes; com isso, espera-se que os consumidores se familiarizem com produtos menos salgados (REISSNER *et al.*, 2019).

Por isso, pode-se dizer que a eficácia desta alternativa de redução de sódio será maior quando o alimento ou categoria de alimentos tenha seu teor de sal reduzido em todo o mercado, para evitar que o consumidor passe a procurar por marcas que ainda apresentem maior teor de sal (RIOS-MERA *et al.*, 2021). Segundo o Ministério da Saúde (MS) os problemas das DCNTs relacionadas ao consumo excessivo de sódio possuem origem desde a infância, assim é de extrema importância ter atenção na quantidade de NaCl utilizado no preparo dos alimentos. Por isso, uma das soluções é diminuir gradativamente a concentração desse ingrediente nas refeições de toda a família (BRASIL, 2020a).

2.5.4 Realçadores de sabor

2.5.4.1 Aspectos gerais

Um grande desafio para a indústria de alimentos é manter as características sensoriais de produtos com baixo teor de sódio. Conseqüentemente, é essencial identificar compostos apropriados para manter a palatabilidade e determinar seus níveis ideais para compensar a perda de qualidade no sabor causada devido à redução de sódio (JINAP *et al.*, 2016). Uma das alternativas para reduzir a concentração de sódio em produtos alimentícios é o uso de realçadores de sabor, pois permitem reduzir a concentração de NaCl sem diminuir a palatabilidade e a intensidade do gosto salgado dos alimentos (ROCHA *et al.*, 2020).

Os realçadores de sabor são caracterizados pela presença do aminoácido glutamato ou nucleosídeo inosinato e guanilato. O ácido glutâmico é um aminoácido não essencial, presente nos alimentos na forma livre, ou ligado a proteínas e é o principal composto responsável pelo chamado quinto gosto básico ou gosto umami. Além do glutamato, outras substâncias podem

conferir o gosto umami, como os nucleotídeos (inosina-5'-monofosfato e guanosina-5'-monofosfato) (KURIHARA, 2015).

Em 1908, o professor e cientista japonês Kikunae Ikeda, a partir de uma grande quantidade de caldo de kombu (alga marinha seca), extraiu cristais de uma substância chamada ácido glutâmico (ou glutamato livre). Além do glutamato livre, foram descobertas outras duas substâncias que também proporcionam o gosto umami. São os nucleotídeos, inosina monofosfato ou inosinato e guanosina monofosfato ou guanilato (IKEDA, 1908).

Konosu, Hayashi e Yamaguchi (1987) mostraram que os sabores característicos de muitos alimentos naturais são reproduzidos combinando aminoácidos, substâncias umami e sais em proporções apropriadas. Os ingredientes alimentares que proporcionam o gosto umami atuam também como realçadores de sabor. A palavra japonesa 'umami' significa 'delicioso', e é usado como um sinônimo para as propriedades sensoriais características de glutamato monossódico (IKEDA, 1908).

Essas substâncias são naturalmente encontradas em alguns alimentos (TABELA 1), como peixes, crustáceos, carnes curadas, certas hortaliças (repolho chinês, tomates maduros, espinafre, entre outros), cogumelos, chá verde e produtos fermentados e maturados (queijos, extrato de levedura, molho de soja, entre outros) (MALULY; ARISSETO-BRAGOTTO; REYES, 2017). Em geral, alimentos ricos em proteínas, como leite materno, queijo e carne, contêm grandes quantidades de glutamato. No entanto, apesar de seus menores teores de proteína, os vegetais tendem a conter níveis proporcionalmente altos de ácido glutâmico, especialmente ervilhas, tomates e batatas (JINAP; HAJEB, 2010).

Tabela 1 - Glutamato de ocorrência natural em vários alimentos.

Itens Alimentares	Ácido Glutâmico Livre (mg / 100 g)	Itens Alimentares	Ácido Glutâmico Livre (mg / 100 g)
Carnes e aves		Algas marinhas	
Carne bovina	10	Alavanca seca	1378
Carne suína	9	<i>Kelp</i>	1608
Frango	22	<i>Wakame</i>	9
Frutos do Mar		Molho de Peixe	
Vieira	140	China	828
Caranguejo da Neve	19	Japão	1383
Caranguejo Azul	43	Indonésia	727
Caranguejo-real do Alasca	72	Malásia	621
Camarão Branco	20	Myanmar	948
Bacalhau	9	Filipinas	988
Cavalinha	36	Tailândia	950
Salmão	20	Vietnã	1370
Molho de Soja		Frutas	
China	926	Abacate	18
Japão	782	Maçã	4
Coréia	1264	Uva	5
Filipinas	412	Kiwi	5
Queijo		Leite	
Ementhal	308	Vaca	2
Parmesão	1680	Cabra	4
Queijo cheddar	182	Leite materno	19
Vegetais		Feijão fermentado	
Repolho	50	<i>Natto</i> / feijão de soja (Japão)	136
Cenoura	30	<i>Daw dawa</i> / soja (África Ocidental)	965
Espinafre	48	<i>Soumnara</i> / alfarroba (África Ocidental)	1700
Batata	51	<i>Douche</i> / soja (China)	476
Tomate	4		
Aspargo Verde	8		
Milho	246		
Ervilhas Verdes	49		
Cebola	106		
Cogumelo Shitake	41		

Fonte: Jinap e Hajeb (2010).

Os compostos umami que contêm sais de sódio podem apresentar um gosto ligeiramente salgado. Também pode apresentar um ligeiro gosto amargo devido a presença do ácido glutâmico (RANGAN; BARCELOUX, 2009). Em comparação com o NaCl, alguns realçadores de sabor como o glutamato monoamônico não possuem nenhum teor sódio em sua composição,

enquanto outros realçadores possuem baixo teor de sódio, como o glutamato monossódico, inosinato dissódico e guanilato dissódico. Já glutamato monoamônico possui baixo ou nenhum teor de sódio. Há muitas décadas, ingredientes ricos em aminoácidos livres ou constituídos de hidrolisados de proteína têm sido utilizados na culinária com o intuito de melhorar as características sensoriais dos alimentos (BELLISLE, 1999). Estes ingredientes são utilizados para intensificar o sabor e o aroma existentes nos produtos (AKGÜN *et al.*, 2019).

Esses realçadores de sabor agem intensificando o gosto salgado. Yamaguchi e Kimizuka (1979) e Yamaguchi e Takahashi (1984) estudaram as interações fisiológicas da intensificação do gosto salgado pelo gosto umami. Os autores descobriram que uma intensificação do gosto salgado ocorre quando substâncias umami estão presentes. O principal impacto é devido ao aumento da secreção salivar, além de uma sensação aveludada na língua. O gosto umami possui um gosto residual suave, mas duradouro (YAMAGUCHI, 1998).

Os mecanismos de percepção e das interações fisiológicas dos gostos ainda não estão claros e requerem mais investigação (CHAUDHARI; ROPER, 2010; MALULY; ARISSETO-BRAGOTTO; REYES, 2017). Uma hipótese é que em função do aumento da salivação, a dissolução do alimento seja facilitada, propiciando a dissociação dos íons de sódio e também o contato com os canais iônicos das membranas, obtendo um ambiente químico favorável à percepção do gosto salgado pelas células gustativas (MALULY; ARISSETO-BRAGOTTO; REYES, 2017).

2.5.4.2 Glutamato monossódico (MSG)

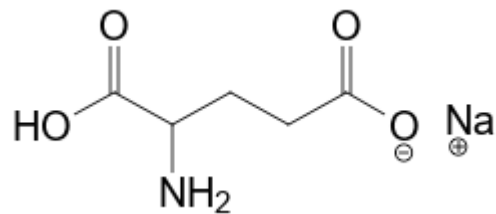
O glutamato monossódico (sigla em inglês MSG - *monosodium glutamate*) é o sal sódico do ácido glutâmico (FIGURA 1 e TABELA 2). O glutamato foi descoberto em 1866 por Karl Ritthausen, um cientista alemão, que o isolou a partir do hidrolisado ácido de glúten de trigo e isolou o ácido L glutâmico (RITTHAUSEN, 1913). Sais de ácido glutâmico foram descobertos em 1908, quando o Kikunae Ikeda identificou o gosto único do umami atribuído ao ácido glutâmico. O professor Ikeda estudou as propriedades de gosto de vários sais de glutamato como os de sódio, cálcio, potássio, amônio e magnésio. Todos os sais provocaram o gosto umami, além de um certo gosto metálico, devido aos outros minerais. Entre esses sais, o glutamato monossódico era o mais solúvel e saboroso, além de cristalizar com facilidade (IKEDA, 1908).

O ácido glutâmico (ou glutamato na sua forma ionizada) é um aminoácido não essencial encontrado naturalmente em muitos alimentos e em organismos vivos. Está presente em

concentrações relativamente altas em alguns alimentos como tomate, cogumelos, ervilhas, certos queijos, carnes, peixes, aves e leite. Este aminoácido está presente nos alimentos nas formas ligada (componente das proteínas) e livre. Em sua forma livre, o glutamato é detectado por receptores gustativos e confere o gosto umami (MALULY; ARISSETO-BRAGOTTO; REYES, 2017).

Foi demonstrado que em sua forma livre possui a capacidade de realçar o sabor dos alimentos, e por isso o glutamato é frequentemente adicionado às formulações dos alimentos, seja como o sal monossódico (MSG) ou como um componente de uma mistura de aminoácidos e peptídeos, como em misturas com inosinato e guanilato (HALIM *et al.*, 2020).

Figura 1 - Estrutura molecular plana do glutamato monossódico.



Fonte: Spectrabase (2021a).

A quantidade de sódio do MSG (12,28 g/100 g) é 1/3 da quantidade de sódio presente no NaCl (39,34 g/100 g), o que o torna uma alternativa promissora para redução do teor sódio em alimentos. Para usar MSG em uma receita caseira, como 500 g de alimentos (arroz, carne picada, etc.), uma simples substituição de 1/2 colher de chá de NaCl (2,5 g) por 1/2 colher de chá de MSG (2,0 g) reduz teor de sódio em cerca de 37% (MALULY; PAGANI; CAPPARELO, 2013).

Tabela 2 - Propriedades físico-químicas e identificadores internacionais do glutamato monossódico.

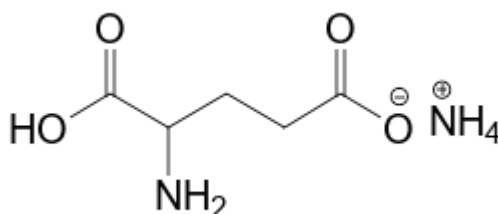
Nomes	
Nome IUPAC	2-aminopentanodioato de sódio
Outros nomes	Ácido L- glutâmico, sal de sódio (1: 1) Ácido glutâmico, sal monossódico, L - Ácido L- glutâmico, sal monossódico
Propriedades físico-químicas	
Fórmula química	C ₅ H ₈ NO ₄ Na
Massa Molar	169,111 g/mol (anidro)
Solubilidade	740 g/L
Aparência	Pó cristalino branco
Identificadores Internacionais	
<i>E Number</i>	E621 - <i>Approved in the EU</i>
<i>CAS Number</i>	142-47-2
<i>EPA Chemicals sob o TSCA</i>	DTXSID9020906
<i>ChemSpider</i>	76943
<i>ECHA InfoCard</i>	100,005,035
<i>PubChem CID</i>	23672308

Fonte: CAS (2021a), Chemspider (2021a), ECHA (2020a), EPA [202?a], FSA (2020) e Pubchem (2021a).

2.5.4.3 Glutamato monoamônico (MAG)

O glutamato monoamônico (Sigla em inglês MAG- *monoammonium glutamate*) é um sal amoniacal do ácido glutâmico (FIGURA 2 e TABELA 3). É formado por cristais ou pós cristalinos de cor branca (EFSA, 2015).

Figura 2 - Estrutura molecular plana do glutamato monoamônico.



Fonte: Spectrabase (2021b).

É utilizado na indústria de alimentos como substituto do sal, atuando como um realçador de sabor. É uma alternativa interessante para a redução do teor de sódio, pois não possui sódio em sua estrutura química (TÜRKOĞLU, 2015). O MAG foi uma solução tecnológica desenvolvida pela Ajinomoto para formulações com restrição extrema ao sódio (AJINOMOTO,

2016). Este composto não apresenta efeitos adversos e é comumente utilizado em produtos cárneos, caldos, sopas, massas, molhos, pratos prontos, snacks, condimentos e aromas (KHODJAEVA *et al.*, 2013; METCALFE; SAMPSON; SIMON, 2008).

Tabela 3 - Propriedades físico-químicas e identificadores internacionais do glutamato monoamônico.

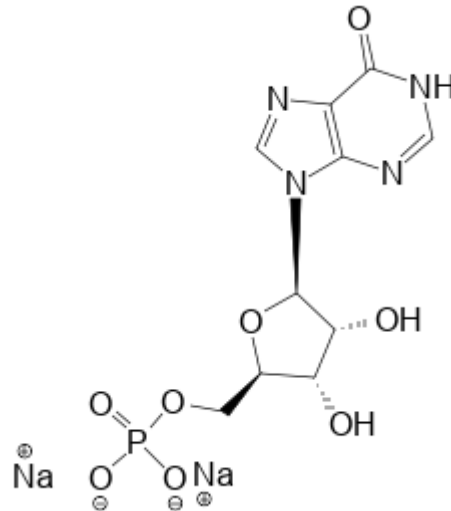
Nomes	
Nome IUPAC	4-amino-5-hidroxi-5-oxopentanoato de
Outros nomes	Ácido L-glutâmico, sal de amônio (1: 1) Glutamato de amônio
Propriedades físico-químicas	
Fórmula química	C ₅ H ₁₂ N ₂ O ₄
Massa Molar	164,161 g/mol
Solubilidade	Muito solúvel em água
pH	6,0 - 7,0
Aparência	Pó cristalino branco
Identificadores Internacionais	
<i>E Number</i>	E624 - <i>Approved in the EU</i>
<i>CAS Number</i>	15673-81-1
<i>EPA Chemicals sob o TSCA</i>	DTXSID3047714
<i>ChemSpider</i>	22622
<i>ECHA InfoCard</i>	100.028.589
<i>PubChem CID</i>	24200

Fonte: CAS (2021b), Chemspider (2021b), ECHA (2020b), EPA [202?b], FAIA (2021), FSA (2020) e Pubchem (2021b).

2.5.4.4 Inosinato dissódico (IMP)

O Inosinato dissódico (sigla em inglês IMP do ácido inosínico - *inosine monophosphate*) é o sal dissódico do ácido inosínico, que faz parte da composição de ácidos ribonucleicos, sendo um ribonucleotídeo de hipoxantina (PUBCHEM, 2021c). Possui 11,72% de sódio em sua composição (MALULY; ARISSETO-BRAGOTTO; REYES, 2017). Este composto possui fórmula molecular C₁₀H₁₁N₄Na₂O₈P como apresentado na Figura 3 e Tabela 4.

Figura 3 - Estrutura molecular plana do inosinato dissódico.



Fonte: Spectrabase (2021c).

O IMP também pode ser utilizado em sinergismo com outros realçadores de sabor (como o GMP e MSG), para inibir alguns gostos indesejados, como por exemplo o gosto amargo e sabor metálico ocasionados pela substituição de NaCl por outros substitutos. Campagnol *et al.* (2011) demonstraram que a lisina em uma combinação de taurina, IMP, GMP reduziram consideravelmente os atributos sensoriais indesejáveis causados pela substituição de 50% de NaCl por KCl em salsichas fermentadas. Campagnol *et al.* (2012) observaram que a lisina, IMP e GMP, ao serem adicionadas separadamente não foram suficientes para eliminar os atributos sensoriais indesejáveis causados pela substituição de 50% de NaCl por KCl em salsichas fermentadas, entretanto, quando usados em combinação, obteve-se salsichas sensorialmente aceitáveis. Dos Santos *et al.* (2014) comprovaram que a adição de MSG com lisina, taurina, IMP e GMP foram suficientes para eliminar os atributos sensoriais indesejáveis causados pela substituição de 75% de NaCl com KCl em salsichas fermentadas. Essa importante inibição de gosto indesejável se deve ao fato destes realçadores bloquearem a ativação da gustiducina em células receptoras gustativas, impedindo, assim, a percepção do gosto amargo (MCGREGOR, 2004).

Tabela 4 - Propriedades físico-químicas e identificadores internacionais do inosinato dissódico.

Nomes	
Nome IUPAC	Disodium 5'-O-phosphonatoinosine
Outros nomes	Ácido 5'-inosínico, sal de sódio (1: 2) Ácido 5'-inosínico, sal dissódico Dissódio 5 in-inosinato dissódico 5'-inosinato 5os-fosfato dissódico de inosina
Propriedades físico-químicas	
Fórmula química	$C_{10}H_{11}N_4Na_2O_8P$
Massa Molar	392,171 g/mol (anidro)
Solubilidade	Solúvel em água, 13g / 100ml, 20 graus; moderadamente solúvel em etanol, praticamente insolúvel em éter.
Aparência	Pó cristalino branco
Identificadores Internacionais	
<i>E Number</i>	E631 - <i>Approved in the EU</i>
<i>CAS Number</i>	4691-65-0
<i>EPA Chemicals sob o TSCA</i>	DTXSID4044242
<i>ChemSpider</i>	19594
<i>ECHA InfoCard</i>	100.022.860
<i>PubChem CID</i>	20819

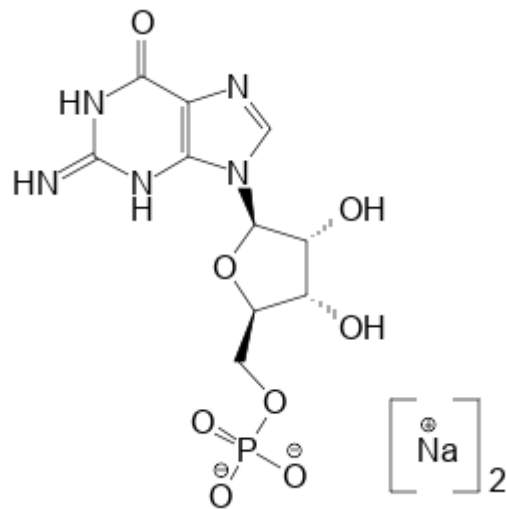
Fonte: CAS (2021c), Chemspider (2021c), ECHA (2020c), EPA [202?c], FSA (2020) e Pubchem (2021c).

2.5.4.5 Guanilato dissódico (GMP)

O ácido guanílico (sigla em inglês GMP do guanosina monofosfato - *guanosine monophosphate*) também faz parte da composição dos ácidos ribonucleicos. É um éster do ácido fosfórico com o nucleosídeo guanosina (PUBCHEM, 2021d). GMP consiste no grupo fosfato, a pentose açúcar ribose, e as nucleobase guanina. Portanto, é um ribonucleosídeo monofosfato.

Ele está presente em parte de todas as células de todos os organismos vivos. Possui 11,29% de sódio em sua composição (MALULY; ARISSETO-BRAGOTTO; REYES, 2017). Geralmente é utilizado em sinergismos com outros realçadores de sabor, como IMP e MSG. Esse composto possui fórmula molecular $C_{10}H_{12}N_5Na_2O_8P$ como mostrado na Figura 4 e Tabela 5.

Figura 4 - Estrutura molecular plana do guanilato dissódico.



Fonte: Spectrabase (2021d).

A maior fonte de guanilato é o cogumelo *Shiitake* com 150 mg de guanilato/100 g, seguido da carne de frango com 5 mg de guanilato/100 g e carne bovina com 4 mg de guanilato/100 g (PORTAL UMAMI, 2021). O GMP pode ser encontrado em alguns produtos industrializados como macarrão instantâneo, batatas fritas e lanches salgados, arroz, vegetais enlatados, carnes curadas e sopa de pacote. Os guanilatos são metabolizados em purinas devendo ser evitados por pessoas com doença de gota e pacientes asmáticos. Entretanto, como os valores encontrados em alimentos são muito baixos, o mesmo não produz efeitos colaterais (KHODJAEVA *et al.*, 2013).

Tabela 5 - Propriedades físico-químicas e identificadores internacionais do guanilato dissódico.

Nomes	
Nome IUPAC	Disodium 5'-O-phosphonatoguanosine
Outros nomes	5'-guanilato de sódio 5'-guanilato dissódico
Propriedades físico-químicas	
Fórmula química	C ₁₀ H ₁₂ N ₅ Na ₂ O ₈ P
Massa Molar	407,186 g/mol
Aparência	Pó cristalino branco
Identificadores Internacionais	
<i>E Number</i>	E627 - <i>Approved in the EU</i>
<i>CAS Number</i>	5550-12-9
<i>EPA Chemicals sob o TSCA</i>	DTXSID9044245
<i>ChemSpider</i>	20407
<i>ECHA InfoCard</i>	100.024.468
<i>PubChem CID</i>	21712

Fonte: CAS (2021d), Chemspider (2021d), ECHA (2020d), EPA [202?d], FSA (2020) e Pubchem (2021d).

2.5.4.6 Produção industrial dos realçadores de sabor

Os realçadores de sabor são produzidos atualmente por meio da fermentação de açúcares. Essa tecnologia, desenvolvida no Japão em 1956, foi aprimorada ao longo dos anos e continua sendo empregada atualmente (AJINOMOTO, 2019).

Para que os microrganismos que participam da fermentação se multipliquem são necessários substratos, ou seja, fontes de energia como os macronutrientes, principalmente os carboidratos. No caso da fermentação para a produção das substâncias umami, microrganismos inócuos utilizam açúcares provenientes de matérias-primas de origem vegetal como a cana-de-açúcar, beterraba, mandioca e milho, além de outras fontes que poderão proporcionar energia para sua multiplicação (como fontes de nitrogênio, por exemplo) (AJINOMOTO, 2019; SANO, 2009).

Como resultado da fermentação, há uma produção intensa de ácido glutâmico ou nucleotídeos, os quais são neutralizados para que estas substâncias possam se ligar a íons e, assim, formar os sais. A partir daí inicia-se o processo de purificação para retirada de resíduos da fermentação, secagem e finalização do processo. Na maioria das vezes o íon mais utilizado para cristalizar e formar sais é o sódio, porém há também outros, como o potássio, amônio e cálcio, por exemplo. Todas as substâncias umami passam por processos rigorosos de controle de qualidade para verificação de suas purezas para que possam ser utilizados tanto pelo consumidor como pela indústria alimentícia (MALULY; ARISSETO-BRAGOTTO; REYES, 2017; SANO, 2009).

2.5.4.7 Segurança alimentar dos realçadores de sabor

Organizações nacionais e internacionais que avaliam a segurança de aditivos alimentares consideram que os realçadores de sabor são seguros para consumo (BRASIL, 2001; COMMISSION REGULATION - EU, 2012; EFSA, 2007; FDA, 2019; FSANZ, 2003, 2021; JECFA, 1988). O Glutamato monossódico tem sido alvo de pesquisas científicas em diversas áreas, tanto nas relacionadas à tecnologia de alimentos quanto às que envolvem a saúde humana. Esse composto tem um uso amplamente disseminado na indústria de alimentos, assim como desempenha muitas funções fisiológicas no corpo humano. Além disso, é importante mencionar que foi confirmada a presença de receptores específicos para o glutamato na língua, estômago e intestino (CHAUDHARI, 2001; CHAUDHARI *et al.*, 1996; CHAUDHARI; LANDIN; ROPER, 2000; CHAUDHARI; ROPER, 2010; MARUYAMA *et al.*, 2006; NIIJIMA, 2000).

Entretanto, a segurança do uso do MSG se tornou-se controversa a partir de publicações que o implicavam em efeitos adversos à saúde humana relacionados à sua utilização como aditivo alimentar, as quais podemos citar o “Complexo de Sintomas Relacionados à Ingestão de Glutamato Monossódico” (conhecido como “Síndrome do Restaurante Chinês” - SRC) e “Obesidade Hipotalâmica” (KWOK, 1968; MONNO *et al.*, 1995). Como resultado, a utilização do MSG como aditivo alimentar foi objeto de avaliações quanto a sua segurança de uso por parte de diferentes Comitês Científicos e/ ou Agências de Regulamentação, como o JECFA (*Joint Expert Committee on Food Additives*/ Comitê misto FAO/OMS de Peritos em Aditivos Alimentares), SCF (*Scientific Committee for Food*/ Comitê Científico para Alimentos da Comunidade Europeia), a US FDA (*Food and Drug Administration*/ Agência Regulatória para Alimentos, Medicamentos e Cosméticos dos Estados Unidos da América) e a FASEB (*Federation of American Societies for Experimental Biology*/ Federação das Sociedades Americanas para Biologia Experimental).

2.5.4.7.1 Avaliações de segurança - JECFA

O JECFA realizou duas avaliações da segurança do ácido L-glutâmico e seus sais de amônio, monossódico, cálcio e potássio. A primeira delas foi conduzida em 1971-1974, e a segunda foi conduzida em 1987. A seguir nos demais parágrafos desse item, todas as informações são provenientes dos resultados dessa avaliação do JECFA, conduzido em 1987 (JECFA, 1988).

O JECFA examinou estudos de toxicidade aguda, subcrônica e crônica em ratos, camundongos e cães, juntamente com estudos sobre toxicidade reprodutiva e teratologia. O glutamato demonstrou uma toxicidade oral aguda muito baixa. O DL 50 (Dose letal mediana) para ratos e camundongos foi de cerca de 15 e 18 g/kg de peso corporal, respectivamente. Os estudos subcrônicos, bem como os estudos crônicos de até dois anos de duração em camundongos e ratos, incluindo uma fase reprodutiva, não revelaram quaisquer efeitos adversos específicos em níveis dietéticos de até 4% de glutamato na alimentação desses animais.

Também foram analisados estudos em cães com níveis dietéticos de 10%, que também não revelaram nenhum efeito sobre o ganho de peso, peso dos órgãos, índices clínicos, mortalidade ou comportamento geral. Estudos de reprodução e teratologia por via oral não revelaram efeitos adversos, mesmo em altas doses.

A avaliação do JECFA também abordou duas outras questões. Estas foram (i) neurotoxicidade potencial e (ii) o papel putativo do MSG na SRC.

(i) Potencial de neurotoxicidade

O exame de potencial de neurotoxicidade foi um componente importante da avaliação de segurança, com relatos de 59 estudos separados em camundongos, ratos, hamsters, cães, coelhos, porquinhos-da-índia, patos e primatas. Essa questão recebeu grande atenção devido a relatos de que lesões (necrose focal) no hipotálamo foram observadas de forma reprodutível em roedores e coelhos após administração intravenosa ou subcutânea de glutamato ou após doses muito altas em via oral por gavagem. As lesões neurais foram observadas poucas horas após a administração e o camundongo parecia ser a espécie mais sensível. Notavelmente, a maioria dos estudos com primatas foram negativos em relação às lesões hipotalâmicas.

As doses orais de gavagem necessárias para produzir lesões neurais foram da ordem de 1000 mg/kg de peso corporal como doses orais. Os níveis sanguíneos limiars associados a danos neurais em camundongos são 100-300 $\mu\text{mol/dL}$ em neonatos, aumentando para 380 $\mu\text{mol/dL}$ em recém-nascidos e $> 630 \mu\text{mol/dL}$ em camundongos adultos. O DE 50 (Dose efetiva) oral para a produção de lesões do hipotálamo no rato neonatal é de cerca de 500 mg/kg de peso corporal por meio de sonda.

(ii) MSG e SRC

Em consideração à intolerância idiossincrática ao MSG, a maioria das notificações de reações foram consideradas anedóticas; no entanto, vários estudos realizados com voluntários humanos foram revisados. O exame desses estudos não conseguiu demonstrar que o MSG foi

o agente causal em provocar toda a gama de sintomas associados à SRC. Concluiu-se, portanto, que não conseguiram demonstrar uma relação evidente entre SRC e consumo de MSG e também que MSG não demonstrou provocar broncoconstrição em asmáticos.

Concluiu-se que a ingestão alimentar total de glutamatos decorrente de seu uso em níveis necessários para atingir os efeitos tecnológicos desejados e de seu histórico aceitável na alimentação não representa risco à saúde. Os estudos convencionais de toxicidade usando a administração dietética de MSG em várias espécies não revelaram nenhum efeito tóxico ou carcinogênico específico, nem houve resultados adversos em estudos de reprodução e teratologia. Por esse motivo, o estabelecimento de um Índice Diário Aceitável (IDA) não foi considerado necessário, e uma “IDA não especificada” foi alocada ao ácido L-glutâmico e aos sais monossódico, potássio, cálcio e amônio. A denominação IDA “não especificada” significa que, tomando como base os dados disponíveis (químicos, bioquímicos, toxicológicos, etc.), a ingestão diária total da substância, que se deriva de seu uso para alcançar os efeitos desejados e de sua concentração natural nos alimentos, não representa um perigo para a saúde. Por essa razão, e pelas enunciadas em cada uma das avaliações, não se considera necessário o estabelecimento de uma IDA expressa em forma numérica. Dessa forma, o glutamato e seus sais não apresentam risco à saúde, quando usado como aditivo alimentar.

2.5.4.7.2 Avaliações de segurança - FASEB

Nos Estados Unidos, em 1958, o FDA classificou o MSG como ingrediente GRAS (*Generally Recognized as Safe*/Geralmente Reconhecido como Seguro) (FDA, 2006). Porém, na década de 1980, trabalhos publicados indicaram a indução de efeitos adversos relacionados ao MSG como aditivo alimentar, principalmente em alimentos infantis (AIROLDI *et al.*, 1979; ARBOGAST; VOOGT, 1990). Em resposta a relatórios contínuos de reações adversas ao MSG e outros ingredientes contendo glutamato (sais monossódico, potássio, cálcio e amônio), o FDA contratou o FASEB para conduzir uma revisão das reações adversas relatadas ao glutamato. O relatório completo do estudo foi divulgado em 1995 (FASEB, 1995) e chegou-se à conclusão de que não há evidências convincentes de que o MSG seja um fator significativo na causa de reações sistêmicas que resultam em doença grave ou mortalidade. Os estudos sobre a SRC não conseguiram demonstrar uma associação causal com o MSG. Sintomas semelhantes aos da SRC podem ser provocados em um ambiente clínico em um pequeno número de indivíduos pela administração de grandes doses de MSG (maior que 3 gramas) na ausência de alimentos (cápsulas). No entanto, esses efeitos não são persistentes, nem graves e provavelmente serão

atenuados quando o MSG for consumido com alimentos. Em termos de efeitos adversos mais graves, como o desencadeamento de broncoespasmo em indivíduos asmáticos, as evidências não indicam que o MSG seja um fator desencadeante significativo.

2.5.4.7.3 Normas nacionais e internacionais para os realçadores de sabor

Os realçadores de sabor são usados no Brasil desde a década de 1950, segundo a resolução nº 01, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que aprova o “Regulamento Técnico sobre o uso de Aditivos com a função de Realçadores de Sabor, estabelecendo seus Limites Máximos para os Alimentos”. Nesta resolução, os realçadores de sabor MSG, MAG, IMP e GMP são aprovados com limite *quantum satis*, ou seja, é autorizado o uso de quantidade suficiente para obter o efeito tecnológico desejado, desde que não alterem a identidade e a genuinidade do alimento. De forma similar ao JECFA, a ANVISA também estabelece uma IDA “não especificada” para o MSG MAG, IMP e GMP (BRASIL, 2001).

O Comité Científico da Alimentação Humana da Comissão das Comunidades Europeias (SCF) realizou em 1991 uma avaliação de segurança semelhante à do JECFA e chegou a mesma conclusão, atribuindo uma IDA “não especificada” para MSG e os demais sais do ácido glutâmico (SCF, 1991). Na EU (*European Union/ União Europeia*) e na EFTA (*European Free Trade Association/ Associação Europeia de Comércio Livre*) os realçadores de sabor, assim como os aditivos alimentares, são regulamentados em uma lista unificada de aditivos (SCF, 1995). Nessa lista os aditivos cadastrados são identificados por um código antecedido da letra E ("E" significa "Europa") (FSA, 2020). Comumente encontrados em rótulos de alimentos, sua avaliação de segurança e aprovação são de responsabilidade da EFSA (*European Food Safety Authority/ Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos*) (EFSA, 2007).

Os dados de segurança alimentar para inosinato dissódico e guanilato dissódico indicam que eles também são seguros para consumo alimentar. Foram listados como aditivos alimentares na categoria de “outros aditivos além de corantes e adoçantes”, autorizado no Regulamento da Comissão (EU) n.º 231/2012 (COMMISSION REGULATION - EU, 2012). A FFDC (Federal Food, Drug, and Cosmetic Act/ Lei Federal de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos) e a FDA também declararam estes produtos como seguros (FDA, 2006, 2019). No FSANZ (*Food Standards Australia New Zealand/ Padrões alimentares do Reino Unido, Austrália e Nova Zelândia*) também são declarados seguros (FSANZ, 2021). Nas agências de padrão alimentar do Reino Unido, são classificados como outros, enquanto na Austrália e na

Nova Zelândia estão listados como seguros com os códigos 627 e 631, respectivamente (FSA, 2020). O JECFA, FDA e EFSA também consideram o inosinato dissódico e guanilato dissódico seguros para consumo (EFSA, 2007; FDA, 2019).

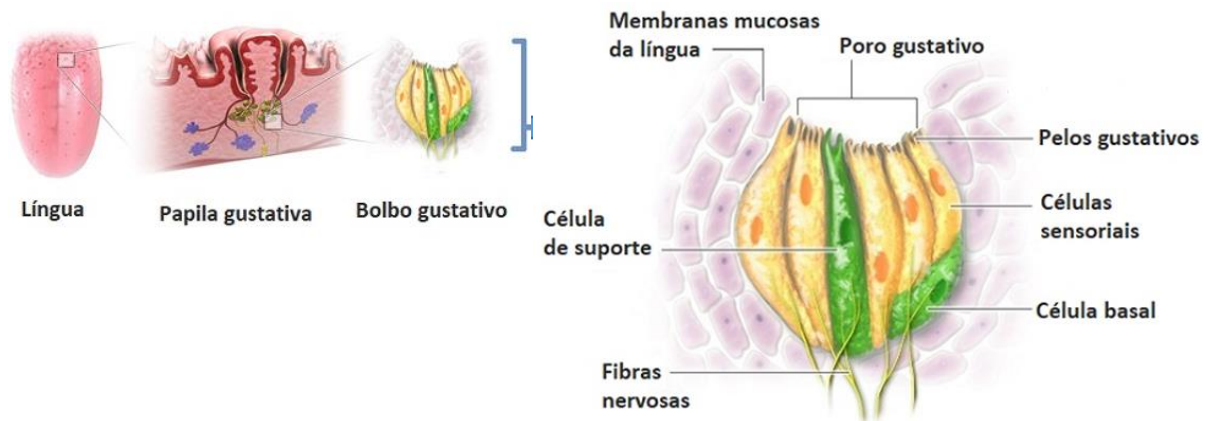
2.6 Análise sensorial e os sais

O sistema gustativo é o sistema sensorial parcialmente responsável pela percepção do paladar, que juntamente com o sistema olfativo se combinam para responder aos diferentes estímulos provocados pelos alimentos (TRIVEDI, 2012). No cérebro, as informações que vem das papilas gustativas combinam com informações sensoriais olfativas para a percepção do sabor. Já a percepção do gosto ocorre quando algumas substâncias entram em contato com as células gustativas (TORII; MORIYAMA, 2010).

O paladar é a percepção produzida ou estimulada quando uma substância na boca reage quimicamente com as células receptoras gustativas que estão localizadas em estruturas especializadas conhecidas como botões gustativos, que estão alocados nas papilas gustativas da cavidade oral, principalmente na língua. A língua é coberta por milhares de pequenas saliências chamadas papilas gustativas (FIGURA 5), que são visíveis a olho nu (WITT, 2019). Dentro de cada papila existem centenas de papilas gustativas (SCHACTER; GILBERT; WEGNER, 2010; TRIVEDI, 2012). A exceção a isso são as papilas filiformes que não contêm papilas gustativas.

Em humanos existem aproximadamente 5 mil papilas gustativas na cavidade oral situada na superfície superior da língua, no palato e na epiglote (CHAUDHARI; ROPER, 2010). Outras estão localizadas no céu, nas laterais e na parte posterior da boca e na garganta. Cada botão gustativo contém de 50 a 100 células receptoras gustativas. Cada célula gustativa contém projeções denominadas microvilosidades. Estas, projetam-se para fora do botão gustativo através de uma abertura chamada poro gustativo, e é justamente nesta abertura que os compostos químicos dos alimentos entram em contato com as células gustativas através de receptores ou canais iônicos presentes na membrana celular (CHAUDHARI; ROPER, 2010; WITT, 2019).

Figura 5 – Estrutura dos botões gustativos.



Fonte: Witt (2019).

O paladar juntamente com o olfato e a estimulação do nervo trigêmeo (registrando a textura, a dor e a temperatura) determina os sabores dos alimentos e outras substâncias (WITT, 2019). O córtex gustativo é responsável pela percepção do paladar. Os receptores são estruturas proteicas localizadas na membrana das células ou no citosol, que permitirão a interação de determinadas substâncias denominadas moléculas sinalizadoras, as quais irão desencadear reações metabólicas específicas. Essas moléculas promovem alteração na estrutura do receptor desencadeando a liberação de íons de cálcio proveniente de reservatórios internos da célula e estes sinalizam para as terminações nervosas a percepção gustativa, sendo a mensagem interpretada como um gosto (TORII; MORIYAMA, 2010).

Há cinco tipos diferentes de gostos básicos que esses receptores podem detectar, os quais são reconhecidos: salgado, doce, azedo, amargo e umami (KEAN, 2015; PUBMED, 2016; TRIVEDI, 2012; WITT, 2019), mas novas evidências revelaram que pode haver um sexto gosto básico: o gosto de gordura ou *oleogustus* (MATTESS, 2010; RUNNING; CRAIG; MATTESS, 2015). Esse termo foi criado para descrever o gosto gerado pela ingestão de uma substância oleosa/gordurosa. Acredita-se que os ácidos graxos de cadeia não esterificada (NEFA - *Nonesterified Fatty Acids*) de cadeia média e longa seriam os responsáveis por conferir esse gosto, já que os ácidos graxos de cadeia curta apresentam nota azeda (GRAHAM *et al.*, 2021; RUNNING; CRAIG; MATTESS, 2015).

As papilas gustativas são capazes de distinguir entre diferentes sabores/gostos por meio da detecção da interação com diferentes moléculas ou íons. Os gostos doce, umami, amargo e *oleogustus* são desencadeados pela ligação de moléculas a receptores acoplados à proteína G nas membranas celulares das papilas gustativas. Já os gostos salgado e o ácido são percebidos quando o metal alcalino ou os íons de hidrogênio entram nas papilas gustativas, respectivamente

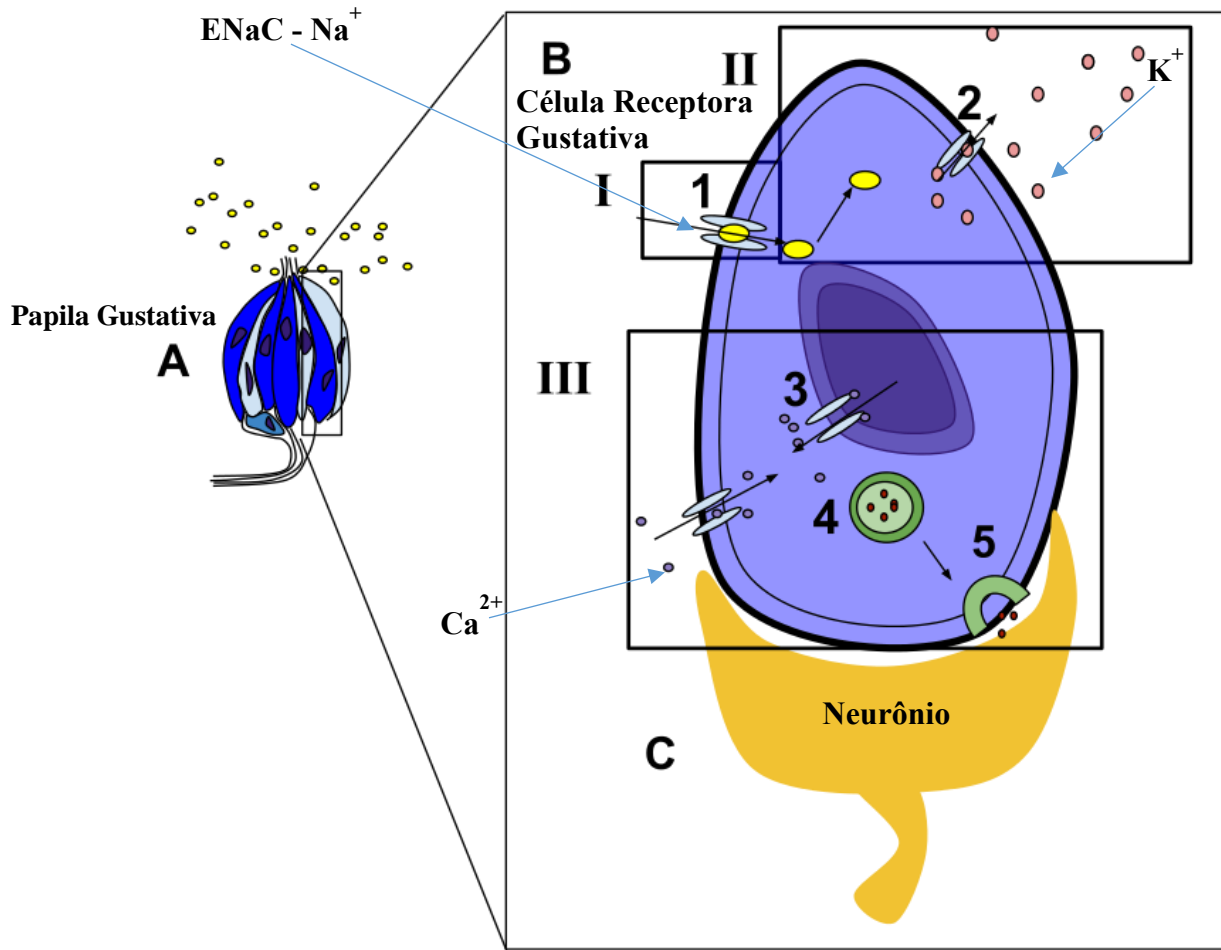
(ANDERSEN *et al.*, 2020; CHAUDHARI; ROPER, 2010; SHANMUGAMPREMA *et al.*, 2020; SILVERTHORN, 2009; WITT, 2019).

2.6.1 Fisiologia do gosto salgado

Os mecanismos fisiológicos envolvidos na percepção do paladar têm sido discutidos por pesquisadores desde o início do século 20. Sabe-se que o gosto salgado é gerado a partir dos cátions Na^+ e K^+ , entre outros cátions, mas o mecanismo exato de transdução da percepção do gosto salgado pelo homem ainda não foi totalmente descrito. No entanto, estudos em outros mamíferos, principalmente roedores, mostram que a percepção do gosto salgado é mediada por canais de detecção de Na^+ que estão localizados nos receptores celulares das papilas gustativas na cavidade oral (DOTSCH *et al.*, 2009). Posteriormente, a identificação do gosto salgado inclui a produção de impulsos elétricos transportados pelos neurônios até o cérebro que são então decodificados (LIEM; MIREMADI; KEAST, 2011).

O cloreto de sódio é percebido com a dissociação iônica que ocorre quando está em contato com a saliva (FIGURA 6). Os canais de sódio, conhecidos como canal de sódio epitelial (ENaC), que estão localizados nas membranas das células gustativas, permitem que os cátions de sódio entrem na célula. Isso por si só despolariza a célula e abre os canais de cálcio, inundando a célula com íons de cálcio. Essa despolarização aumenta o potencial elétrico da membrana e estimula os nervos gustativos, enviando sinais ao cérebro para reconhecer o gosto salgado ou a presença de íons que ativam o potencial elétrico e assim liberando neurotransmissores (BACHMANOV; BEAUCHAMP, 2007; CEPANEC *et al.*, 2017; CHANDRASHEKAR *et al.*, 2010; CHAUDHARI; ROPER, 2010; WITT, 2019).

Figura 6 - Diagrama da via de transdução de sinal do gosto salgado.



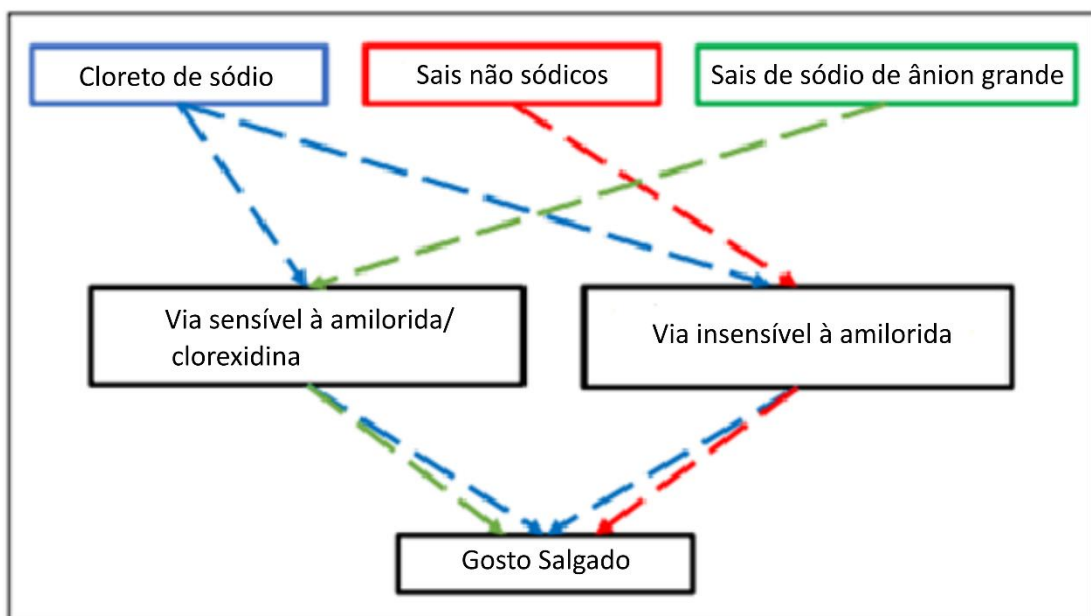
Fonte: Bigiani (2020).

De modo mais detalhado desse processo (FIGURA 7), o canal de reconhecimento de sódio (ENaC) é capaz de detectar os íons Na⁺ em baixas concentrações. Esse canal é sensível a amilorida, um diurético que bloqueia a detecção de sódio, amplamente utilizado em estudos de percepção do gosto salgado em animais, como os roedores. Assim, essa rota é conhecida como via sensível à amilorida (BIGIANI, 2020). No entanto, a amilorida foi reconhecida como ineficaz no bloqueio do gosto salgado em humanos (MCCAUGHEY, 2019), levando à conjectura de que podem haver proteínas receptoras adicionais além de ENaC a serem descobertas. Nesse contexto, o antisséptico oral clorexidina pode reduzir o gosto salgado do NaCl em humanos (BRESLIN; THARP, 2001; HELMS *et al.*, 1995), mas o mecanismo de ação da clorexidina ainda não é conhecido (MCCAUGHEY, 2019).

A via insensível à amilorida representa uma rota que detecta sódio em altas concentrações, podendo também detectar uma grande variedade de cátions, como o potássio (K⁺) (BIGIANI, 2020; LIEM; MIREMADI; KEAST, 2011). Embora o mecanismo de transdução dessa via ainda não tenha sido explicado em detalhes, relatórios científicos ao longo

dos anos sugeriram que ela depende do tamanho do ânion que acompanha o sódio. Esse fato foi observado por Schiffman, Mcelroy e Erickson (1980) e Murphy, Cardello e Brand (1981), que investigaram a percepção do gosto salgado em uma ampla variedade de sais de sódio e observaram que a percepção do gosto salgado diminui com o aumento do tamanho do ânion. Roebber, Roper e Chaudhari (2019) destacam que ambos os íons (Na^+ e Cl^-) atuam em paralelo em mecanismos de transdução separados (um canal específico para Na^+ e o outro insensível à amilorida para Cl^-) que, juntos, contribuem para o gosto salgado.

Figura 7 - Trajetos de sais de sódio e não-sódio usados para conferir gosto salgado.



Fonte: Rios-Mera *et al.* (2021).

A Figura 7 resume as vias de sais de sódio e não sódio no gosto salgado. É importante notar que o NaCl usa ambos os canais que detectam Na^+ , beneficiando-se tanto da presença de cátions Na^+ quanto de ânions Cl^- . O sal mais comum usado para substituir o NaCl é o KCl , mas sua percepção do gosto salgado é favorecida apenas pela rota não seletiva do Na^+ (via insensível à amilorida). Dentre os sais de sódio, o glutamato monossódico destaca-se como ingrediente que realça o sabor e intensifica o gosto salgado, mas devido a sua alta massa molar (187,14 g/mol) em relação ao NaCl (58,44 g/mol), o mecanismo de percepção do gosto salgado seria favorecido apenas pela via seletiva do Na^+ (via sensível à amilorida/ clorexidina). No entanto, o uso combinado desses sais alternativos com NaCl poderia aumentar a percepção de gosto salgado.

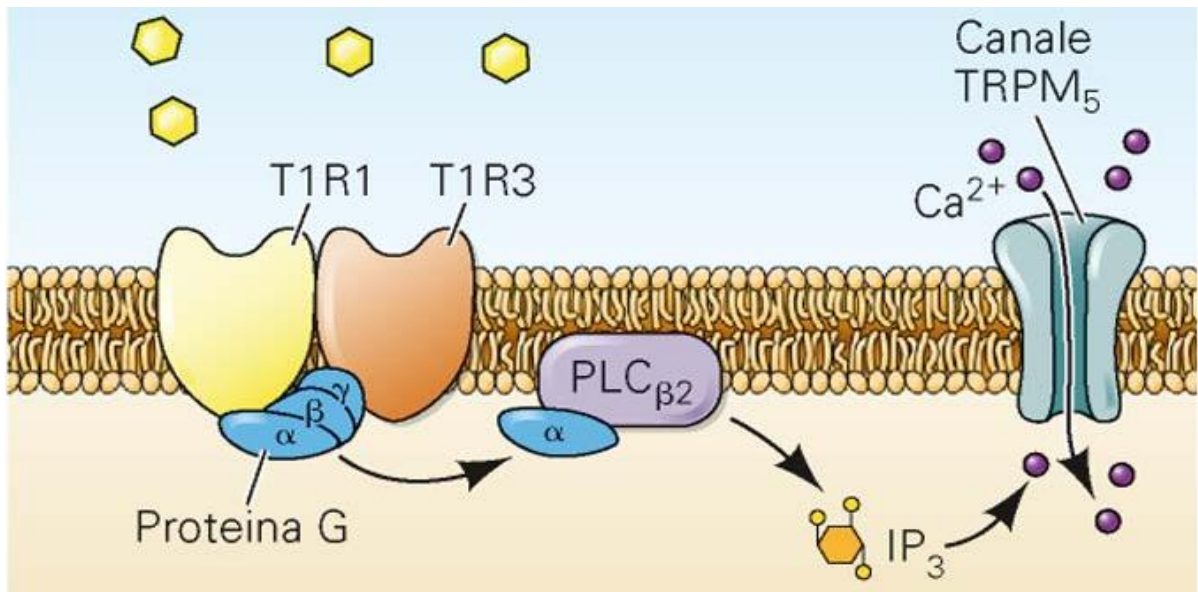
2.6.2 Fisiologia do gosto umami

A maioria das papilas gustativas na língua e outras regiões da boca pode detectar o gosto umami, independentemente de sua localização (CHAUDHARI; LANDIN; ROPER, 2000; CHAUDHARI; ROPER, 2010; NELSON *et al.*, 2002). Para essa percepção do gosto umami, o glutamato ou nucleotídeos entram em contato com seu receptor específico acoplado à proteína G - GPCR (mGluR4 - receptor metabotrópico de glutamato 4, TR1 / TR3), que estão presentes nas papilas gustativas da língua (CHAUDHARI; PEREIRA; ROPER, 2009; NELSON *et al.*, 2002). As proteínas G possuem diferentes subtipos de proteínas; cada um tem duas subunidades: $G\alpha$ e $G\beta\gamma$ (FIGURA 8). Um dos mecanismos propostos anteriormente sugeriu que as substâncias responsáveis pelo umami ativam a subunidade $G\alpha$ do GPCR (CHAUDHARI; PEREIRA; ROPER, 2009).

No entanto, investigações mais recentes mostraram que a principal via de transdução do gosto umami parece estar relacionada à subunidade $G\beta\gamma$ (CHAUDHARI; ROPER, 2010). Após a interação entre o umami-GPCR, a subunidade $\beta\gamma$ se desconecta do complexo $G\alpha\beta\gamma$ e ativa a enzima fosfolipase C, gerando IP3 (trifosfato de inositol). O IP3 se conecta aos canais de cálcio, existentes no retículo endoplasmático, estimulando a abertura e liberação de cálcio (Ca^{2+}) pelo citosol. Os íons Ca^{2+} , agora em concentrações elevadas no citoplasma, promovem um rápido influxo de sódio pela célula e, conseqüentemente, despolarizando a membrana. A ação combinada entre a elevação do cálcio e a despolarização da membrana provoca a abertura das junções comunicantes, que provavelmente são compostas por panexinas (Pax1), promovendo a liberação de grande quantidade de ATP para o espaço extracelular (CHAUDHARI; ROPER, 2010; DANDO; ROPER, 2009; KINNAMON, 2012; LIN; OGURA; KINNAMON, 2003).

O ATP liberado estimula as fibras nervosas aferentes e ao mesmo tempo excita as células pré-sinápticas adjacentes que promovem a liberação de 5-HT (serotonina) e NE (norepinefrina), proporcionando a percepção da sensação gustativa no cérebro. Até o momento, sabe-se que se as papilas gustativas são estimuladas com substâncias umami, os sinais são refletidos no córtex gustativo primário e orbitofrontal (DANDO; ROPER, 2009; PÉREZ *et al.*, 2002; RONG *et al.*, 2005; TORII; UNEYAMA; NAKAMURA, 2013; WITT, 2019).

Figura 8 - Diagrama da via de transdução de sinal do gosto umami.



Fonte: Chaudhari e Roper (2010).

As interações entre as sensações de gosto umami e salgado foram avaliadas por Yamaguchi e Takahashi (1984). Os autores verificaram que alguma intensificação do gosto salgado ocorre quando substâncias umami estão presentes. O principal impacto é o aumento da secreção salivar, maciez e continuidade do gosto na boca. No entanto, os mecanismos exatos da recepção gustativa não são claros e precisam de mais investigações (CHAUDHARI; ROPER, 2010).

2.7 Matrizes alimentares e a percepção de gosto salgado

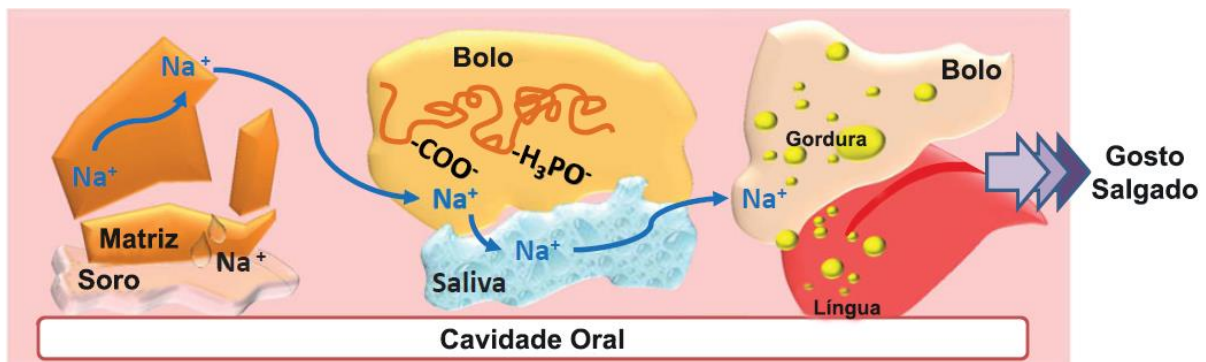
Aumentar a percepção do gosto salgado por meio do uso de realçadores de sabor é uma estratégia promissora para reduzir o teor de cloreto de sódio nos alimentos (ROCHA *et al.*, 2020). No entanto, o efeito da natureza complexa da matriz alimentícia na percepção do gosto salgado torna mais difícil controlar essa percepção ao desenvolver produtos alimentícios com reduzido teor de sódio (GAUDETTE; PIETRASIK, 2017). A matriz alimentar está envolvida na liberação de sódio e consequente percepção do gosto salgado (GAUDETTE; PIETRASIK, 2017; KUO; LEE, 2014).

Kuo e Lee (2014) propuseram um modelo de três estágios (FIGURA 9) para medir o efeito da matriz alimentar na percepção do gosto salgado: (1) migração do sódio dos alimentos para o ambiente, desde o momento em que o alimento é colocado na boca até o sódio ser liberado na cavidade oral, (2) deslocamento do sódio na cavidade oral, desde o momento em

que é liberado da matriz alimentar até atingir a superfície da língua e (3) influxo de sódio da superfície da língua para as células gustativas receptoras e subsequente transdução cognitiva do sinal responsável pela geração da percepção do gosto salgado.

Para alimentos sólidos, como produtos cárneos e de panificação, o sódio deve primeiro ser liberado da matriz durante a decomposição mastigatória. Desse modo, a percepção do gosto salgado inclui o processo geral de 3 estágios. Em contraste, para alimentos líquidos, como molhos e sopas, o sódio é relativamente móvel e mais facilmente misturado com a saliva em comparação com o sódio nos alimentos sólidos. Assim, a percepção do gosto salgado é determinada principalmente pelos 2 últimos estágios (KUO; LEE, 2014).

Figura 9 - Efeitos da matriz durante os 3 estágios de percepção do gosto salgado.



Fonte: Kuo e Lee (2014).

A percepção do gosto salgado é governada pela migração de sódio durante o processamento oral de alimentos, havendo dois fatores principais que afetam essa migração, o gradiente de concentração de sódio e a resistência à migração de sódio (GAUDETTE; PIETRASIK, 2017; KUO; LEE, 2014). Esses fatores são influenciados pelos princípios de transferência de massa (GEANKOPLIS, 2003) e pelos princípios do transporte de íons através do canal iônico (GILBERTSON; ZHANG, 1998). Além disso, a matriz alimentícia desempenha efeitos significativos no gradiente de concentração do sódio e na resistência à migração do sódio (KUO; LEE, 2014).

A interação do sódio com os componentes da matriz alimentar parece ser o fenômeno chave na percepção do gosto salgado dos alimentos (BUSCH; YONG; GOH, 2013; KUO; LEE, 2014). A água, proteínas e gorduras são alguns dos principais componentes dos alimentos, e cada componente tem um papel diferente na percepção do sódio (BUSCH; YONG; GOH, 2013). Por sua vez, o mecanismo de percepção do gosto salgado ainda não está totalmente elucidado e as relações entre as propriedades da matriz, liberação de sódio e percepção de gosto

salgado ainda não são bem compreendidas. Há diversos estudos com resultados contraditórios que indicam um único componente da matriz alimentícia pode contribuir de várias maneiras para a percepção do gosto salgado (RIOS-MERA *et al.*, 2021).

É importante considerar qualquer possível interação do NaCl com os componentes da matriz. Por exemplo, a mistura de NaCl e gordura (componente hidrofóbica) pode diminuir o a percepção do gosto salgado do produto, uma vez que as gorduras atuam como uma barreira na cavidade oral, evitando assim que as papilas gustativas acessassem o sódio e retardando essa percepção (CHABANET *et al.*, 2013; HUGHES; COFRADES; TROY, 1997; LYNCH *et al.*, 1993). No entanto, há divergência sobre o efeito das gorduras na percepção de gosto salgado de alimentos. Estudos mostraram que certos componentes da gordura podem sensibilizar as células gustativas receptoras, resultando em sua maior resposta ao sódio (GILBERTSON *et al.*, 2005; PHAN *et al.*, 2008). Segundo Rios-Mera *et al.* (2021) não há relação linear entre a quantidade gordura e de NaCl adicionada em produtos cárneos.

Outros estudos, verificaram que o aumento do teor de matéria seca e proteína diminuiu razoavelmente a percepção do gosto salgado, pois retardou a liberação de sódio da matriz (COLMENERO; AYO; CARBALLO, 2005; LAUVERJAT *et al.*, 2009; PANOUILLE *et al.*, 2011; RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005). Ruusunen, Simolin e Puolanne (2001) relataram que um aumento no teor de proteína em salsichas do tipo Bologna implicou em uma maior interação do sódio com as proteínas da carne, portanto, menos sódio estava disponível para atingir as papilas gustativas, reduzindo a percepção do gosto salgado.

Alguns autores indicam que a água melhora a percepção do gosto salgado em alimentos. Phan *et al.* (2008) ao estudar a liberação de sódio em queijos, observaram um aumento desta liberação no início do processo de mastigação, indicando que a água pode contribuir na liberação do sódio. A mesma tendência foi observada por Chabanet *et al.* (2013) em linguças de frango, que encontraram um efeito significativo da água na intensidade do gosto salgado em até 50 segundos de mastigação.

Da mesma forma, outros componentes dos alimentos podem alterar a percepção do gosto salgado de maneiras diferentes, mas a maioria dos estudos considera apenas aspectos limitados (GAUDETTE; PIETRASIK; JOHNSTON, 2019; GAUDETTE; PIETRASIK, 2017; KUO; LEE, 2014). Conseqüentemente, as relações entre as propriedades da matriz, liberação de sódio e percepção do gosto salgado ainda não são bem compreendidas. Essas descobertas contraditórias indicam as várias maneiras pelas quais um único componente pode contribuir para a percepção do gosto salgado (RIOS-MERA *et al.*, 2021).

REFERÊNCIAS

AIROLDI, L. *et al.* Glutamic acid and sodium levels in the nucleus arcuatus of the hypothalamus of adult and infant rats after oral monosodium glutamate. **Toxicology Letters**, [Clare], v. 3, p. 121–126, Dec. 1979.

AJINOMOTO. **AJI-NO-MOTO® MAG - Divisão Food Ingredients**. 2016. Disponível em: <https://pt.ajinomoto.fi.com.br/produtos/aji-no-moto-mag>. Acesso em: 9 fev. 2021.

AJINOMOTO. **O que é AJI-NO-MOTO® e como é feito?**. 2019. Disponível em: <https://www.ajinomoto.com/pt/msg/what-is-aji-no-moto-and-how-is-it-made>. Acesso em: 3 fev. 2021.

AKGÜN, B. *et al.* Impacts of sodium chloride reduction in tomato soup system using potassium chloride and amino acids. **Czech Journal of Food Sciences**, [Czech Republic], v. 37, n. 2, p. 93–98, May 2019. Disponível em: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjfs.htm?type=article&id=140_2018-CJFS. Acesso em: 15 dez. 2020.

ANDERSEN, C. A. *et al.* Cortical response to fat taste. **Chemical Senses**, [Oxford], v. 45, n. 4, p. 283–291, May 2020. Disponível em: <https://academic.oup.com/chemse/article/45/4/283/5805151>. Acesso em: 15 jan. 2021.

ARAUJO, D. H. S. *et al.* Reduction of sodium content in frozen goat sausage using different types of salt. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 135, p. 110272, Jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820312615>. Acesso em: 11 abr. 2021.

ARBOGAST, L. A.; VOOGT, J. L. Sex-related alterations in hypothalamic tyrosine hydroxylase after neonatal monosodium glutamate treatment. **Neuroendocrinology**, [Basel], v. 52, n. 5, p. 460–470, Nov. 1990. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1980722/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BACHMANOV, A. A.; BEAUCHAMP, G. K. Taste receptor genes. **Annual Review of Nutrition**, [Palo Alto], v. 27, p. 389–414, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17444812/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

BELLISLE, F. Glutamate and the UMAMI taste: Sensory, metabolic, nutritional and behavioural considerations. A review of the literature published in the last 10 years. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, [Oxford], v. 23, n. 3, p. 423–438, 1999. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9989429/>. Acesso em: 13 fev. 2021.

BERNKLAU, I. *et al.* Structural, textural and sensory impact of sodium reduction on long fermented pizza. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 234, p. 398–407, Nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881461730732X>. Acesso em: 11 jan. 2021.

BIGIANI, A. Salt Taste. *In*: FRITZSCH, B. (org.). **The senses: A comprehensive reference**. 2. ed. Cambridge: Academic Press, 2020. p. 247–263.

BRASIL. **Brasileiro consome muito sal mas não tem consciência da quantidade excessiva**. 2020a. Disponível em: <https://www.fundacaosanepar.com.br/?q=blog/brasileiro-consome-muito-sal-mas-n%C3%A3o-tem-consci%C3%Aancia-da-quantidade-excessiva>. Acesso em: 18 maio 2021.

BRASIL. **Pesquisa nacional de saúde: 2019**. Percepção do estado de saúde, estilos de vida, doenças crônicas e saúde bucal: Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2020b. p. 113.

BRASIL. **Plano Nacional de Saúde 2013**. Percepção do estado de saúde, estilos de vida e doenças crônicas Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2014.

BRASIL. Resolução RDC n.º 1, de 2 de janeiro de 2001. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária aprova o regulamento técnico que aprova o uso de aditivos com a função de realçadores de sabor, estabelecendo seus limites máximos para os alimentos. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, jan. 2001. Seção 1, 21, p. 4.

BRASIL. Resolução RDC n.º 28, de 28 de março de 2000. Procedimentos básicos de boas práticas de fabricação em estabelecimentos beneficiadores de sal destinado ao consumo humano e o roteiro de inspeção sanitária em indústrias beneficiadoras de sal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2000.

BRESLIN, P. A. S.; THARP, C. D. Reduction of saltiness and bitterness after a chlorhexidine rinse. **Chemical Senses**, [Oxford], v. 26, n. 2, p. 106–116, Feb. 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11238242/>. Acesso em: 22 jan. 2021.

BUSCH, J. L. H. C.; YONG, F. Y. S.; GOH, S. M. Sodium reduction: Optimizing product composition and structure towards increasing saltiness perception. **Trends in Food Science & Technology**, [London], v. 29, n. 1, p. 21–34, Jan. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224412001847>. Acesso em: 17 dez. 2020.

CAMPAGNOL, P. C. *et al.* Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. **Meat Science**, [Oxford], v. 87, n. 3, p. 239–243, Mar. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174010003761>. Acesso em: 13 out. 2020.

CAMPAGNOL, P. C. B. *et al.* Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. **Meat Science**, [Oxford], v. 91, n. 3, p. 334–338, July 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174012000484>. Acesso em: 22 dez. 2020.

CAS - Common Chemistry. **Monosodium glutamate**. 2021a. Disponível em: https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=142-47-2. Acesso em: 15 maio 2021.

CAS - Common Chemistry. **Glutamic acid, monoammonium salt**. 2021b. Disponível em: https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=15673-81-1&search=15673811. Acesso em: 15 maio 2021.

CAS - Common Chemistry. **Disodium 5'-inosinate**. 2021c. Disponível em: https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=4691-65-0. Acesso em: 10 maio 2021.

CAS - Common Chemistry. **Disodium 5'-guanylate**. 2021d. Disponível em: https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=5550-12-9. Acesso em: 10 maio 2021.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Leading causes of death**. Atlanta. United States: Department of Health and Human Services, 2016.

CEPANEC, K. *et al.* Potassium chloride-based salt substitutes: A critical review with a focus on the patent literature. **Reviews in Food Science and Food Safety**, [Malden], v. 16, n. 5, p. 1–14, Sept. 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12291>. Acesso em: 19 nov. 2020.

CHABANET, C. *et al.* Fat and salt contents affect the in-mouth temporal sodium release and saltiness perception of chicken sausages. **Meat Science**, [Oxford], v. 94, n. 2, p. 253–261, June 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23501259/>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CHANDRASHEKAR, J. C. *et al.* The cells and peripheral representation of sodium taste in mice. **Nature**, [New York], v. 464, p. 297–301, Jan. 2010. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature08783>. Acesso em: 11 out. 2020.

CHAUDHARI, N. *et al.* The taste of monosodium glutamate: membrane receptors in taste buds. **The Journal of Neuroscience**, [Washington], v. 16, n. 12, p. 3817–3826, June 1996. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8656276/>. Acesso em: 18 out. 2020.

CHAUDHARI, N.; LANDIN, A. M.; ROPER, S. D. A metabotropic glutamate receptor variant functions as a taste receptor. **Nature Neuroscience**, [New York], v. 3, p. 113–119, Feb. 2000. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nn0200_113. Acesso em: 18 mar. 2021.

CHAUDHARI, N.; PEREIRA, E.; ROPER, S. D. Taste receptors for umami: the case for multiple receptors. **American Journal of Clinical Nutrition**, [Bethesda], v. 90, p. 738S–742S, Sept. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19571230/>. Acesso em: 12 fev. 2021.

CHAUDHARI, N.; ROPER, S. D. The cell biology of taste. **Journal of Cell Biology**, [New York], v. 190, n. 3, p. 285–296, Aug. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20696704/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

CHAUDHARI, N. Umami taste transduction : multiple receptors and pathways ? **Sensory Neuron**, [New York], v. 3, n. 3, p. 129–138, Jan. 2001. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/sn/3/3/article-p129.xml>. Acesso em: 11 jan. 2021.

CHEMSPIDER. **Monosodium L-glutamate**. 2021a. Disponível em: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.76943.html>. Acesso em: 15 maio 2021.

CHEMSPIDER. **Ammonium glutamate**. 2021b. Disponível em: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.22622.html>. Acesso em: 10 maio 2021.

CHEMSPIDER. **Sodium 5'-inosinate**. 2021c. Disponível em: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.19594.html>. Acesso em: 10 maio 2021.

CHEMSPIDER. **GMP disodium salt**. 2021d. Disponível em: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.20407.html>. Acesso em: 10 maio 2021.

CHINDAPAN, N.; NIAMNUY, C.; DEVAHASTIN, S. Physical properties , morphology and saltiness of salt particles as affected by spray drying conditions and potassium chloride substitution. **Powder Technology**, [Lausanne], v. 326, p. 265–271, Feb. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591017309567>. Acesso em: 13 jan. 2021.

COLMENERO, F. J.; AYO, M. J.; CARBALLO, J. Physicochemical properties of low Combined, sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. **Meat Science**, [Oxford], v. 69, n. 4, p. 781–788, Apr. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174004002931>. Acesso em: 22 nov. 2020.

COMMISSION REGULATION - EU. **No 231/2012 of 9 March 2012, laying down specifications for food additives listed in Annexes II and III to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council**. European Parliament and of the Council, 2012. Disponível em: <https://www.legislation.gov.uk/eur/2012/231/contents#>. Acesso em: 15 jan. 2021.

COSTA, R. G. B. *et al.* Effect of partial replacement of sodium chloride with potassium chloride on the characteristics of Minas Padrão cheese. **International Dairy Journal**, [Oxford], v. 91, p. 48–54, Apr. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694618302735>. Acesso em: 11 jan. 2021.

DANDO, R.; ROPER, S. D. Cell-to-cell communication in intact taste buds through ATP signalling from pannexin 1 gap junction hemichannels. **The Journal of Physiology**, [Oxford], v. 587, p. 5899–5906, Dec. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19884319/>. Acesso em: 10 out. 2020.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, [Oxford], v. 74, n. 1, p. 188–196, Sept. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174006001161>. Acesso em: 11 nov. 2020.

DEVLIEGHERE, F. *et al.* Reducing salt intake from meat products by combined use of lactate and diacetate salts without affecting microbial stability. **International Journal of Food Science and Technology**, [Malden], v. 44, n. 2, p. 337–341, Feb. 2009. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2008.01724.x>. Acesso em: 18 dez. 2020.

DOS SANTOS, B. A. *et al.* 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**, [Oxford], v. 96, n. 1, p. 509–513, Jan. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174013005093>. Acesso em: 13 abr. 2021.

DOTSCH, M. *et al.* Strategies to reduce sodium consumption: A food industry perspective. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [Philadelphia], v. 49, n. 10, p. 841–851, Nov. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19960392/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

DUGAT-BONY, E. *et al.* Effect of sodium chloride reduction or partial substitution with potassium chloride on the microbiological, biochemical and sensory characteristics of semi-hard and soft cheeses. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 125, p. 108643, Nov. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996919305290>. Acesso em: 13 fev. 2021.

ECHA - European Chemicals Agency. **Sodium hydrogen glutamate**. 2020a. Disponível em: <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.005.035%0A%0A>. Acesso em: 10 maio 2021.

ECHA - European Chemicals Agency. **Ammonium L-glutamate**. 2020b. Disponível em: <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.028.589>. Acesso em: 10 maio 2021.

ECHA - European Chemicals Agency. **Inosine 5'-monophosphate disodium salt hydrate**. 2021c. Disponível em: <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.022.860>. Acesso em: 10 maio 2021.

ECHA - European Chemicals Agency. **Guanosine 5'-(disodium phosphate)**. 2020d. Disponível em: <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.024.468>. Acesso em: 10 maio 2021.

EFSA - European Food Safety Authority. Neotame as a sweetener and flavour enhancer - Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food. **The EFSA Journal**, [Parma], v. 581, p. 1–43, Nov. 2007. Disponível em: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2007.581>. Acesso em: 18 jan. 2021.

EFSA - European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the safety of the change in the production method of L-glutamic acid (E620), monosodium L-glutamate (E621), monopotassium L-glutamate (E622), calcium di-L-glutamate (E623), monoammonium L-glutamate (E624) and magnesium di-L-glutamate (E625). **EFSA Journal**, [Parma], v. 13, n. 1, p. 1–20, Jan. 2015. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3981>. Acesso em: 12 jan. 2021.

EPA - Environmental Protection Agency. **Sodium L-glutamate**. [202?a]. Disponível em: <https://comptox.epa.gov/dashboard/dsstoxdb/results?search=DTXSID9020906>. Acesso em: 10 maio 2021.

EPA - Environmental Protection Agency. **L-Glutamic acid ammonium salt**. [202?b]. Disponível em: L-Glutamic acid ammonium salt. Acesso em: 10 maio 2021.

EPA - Environmental Protection Agency. **Disodium inosinate**. [202?c]. Disponível em: <https://comptox.epa.gov/dashboard/dsstoxdb/results?search=DTXSID4044242>. Acesso em: 10 maio 2021.

EPA - Environmental Protection Agency. **Disodium guanylate**. [202?d]. Disponível em: <https://comptox.epa.gov/dashboard/dsstoxdb/results?search=DTXSID9044245>. Acesso em: 10 maio 2021.

EUROPEAN COMMISSION. **Directorate-General health and consumers**. Survey on Members States' Implementation of the EU Salt Reduction Framework. 2013. Disponível em: http://ec.europa.eu/health/nutrition_physical_activity/docs/salt_%0Areport1_%0Aen.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

FAIA - Food Additives & Ingredients Association. **Frequently asked questions|Why food additives - Making life taste better**. 2021. Disponível em: <http://www.faia.org.uk/faqs/>. Acesso em: 10 maio 2021.

FASEB - Federation of American Societies of Experimental Biology. **Analysis of adverse reactions to Monosodium Glutamate (MSG)**. Report. Life Sciences Research Office. Washington: Federation of American Societies of Experimental Biology, 1995.

FDA - Food and Drug Administration. **Database of Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) Reviews**. 2006. Disponível em: [https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/gras-substances-scogs-database#:~:text=This%20database%20allows%20access%20to,Safe%20\(GRAS\)%20food%20substances.&text=The%20complete%20background%20of%20the,History%20of%20GRAS%20and%20SCOGS](https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/gras-substances-scogs-database#:~:text=This%20database%20allows%20access%20to,Safe%20(GRAS)%20food%20substances.&text=The%20complete%20background%20of%20the,History%20of%20GRAS%20and%20SCOGS). Acesso em: 18 fev. 2021.

FDA - Food and Drug Administration. **Food Additive Status List**. 2019. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/food-additive-status-list>. Acesso em: 12 dez. 2020.

FIB - Food Ingredients Brasil. Substituição de sódio nos alimentos. **Food Ingredients Brasil**, [s. l.], v. 15, n. 25, p. 1–10, 2013. Disponível em: https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060794361001464964138.pdf. Acesso em: 16 jan. 2021.

FREIRE, T. V. M. *et al.* Salting potency and time-intensity profile of microparticulated sodium chloride in shoestring potatoes. **Journal of Sensory Studies**, [Malden], v. 30, n. 1, p. 1–9, Feb. 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/joss.12129>. Acesso em: 12 fev. 2021.

FSA - Food Standards Agency. **Current EU approved additives and their E Numbers**. 2020. Disponível em: https://www.food.gov.uk/business-guidance/approved-additives-and-e-numbers#h_7. Acesso em: 16 abr. 2021.

FSANZ - Food Standards Australia New Zealand. **Food additive code numbers (numerical order)**. 2021. Disponível em: https://www.foodstandards.gov.au/publications/Documents/additives_numeric.pdf. Acesso em: 17 mar. 2021.

FSANZ - Food Standards Australia New Zealand. **Monosodium Glutamate - A safety assessment**. 2003. p. 36. Disponível em: <http://www.foodstandards.gov.au>. Acesso em: 18 dez. 2020.

GAUDETTE, N. J.; PIETRASIK, Z.; JOHNSTON, S. P. Application of taste contrast to enhance the saltiness of reduced sodium beef patties. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 116, p. 108585, Dec. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643819309272>. Acesso em: 15 nov. 2020.

GAUDETTE, N. J.; PIETRASIK, Z. The sensory impact of salt replacers and flavor enhancer in reduced sodium processed meats is matrix dependent. **Journal of Sensory Studies**, [Malden], v. 32, n. 1, p. 1–10, Feb. 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/joss.12247>. Acesso em: 19 out. 2020.

GEANKOPLIS, C. J. Principles of unsteady-state and convective mass transfer. *In*: GEANKOPLIS, C. J. (org.). **Transport processes and separation process principles**. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall. 2003. p. 459–512.

GILBERTSON, T. A. *et al.* Fatty acid responses in taste cells from obesity-prone and -resistant rats. **Physiology and Behavior**, [New York], v. 86, n. 5, p. 681–690, Aug. 2005.

GILBERTSON, T. A.; ZHANG, H. Characterization of sodium transport in gustatory epithelia from the hamster and rat. **Chemical Senses**, [Oxford], v. 23, n. 3, p. 283–293, June 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9669041/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

GRAHAM, C. A. M. *et al.* Genetic differences in fat taste sensitivity and dietary intake in a UK female cohort. **Food Quality and Preference**, [Oxford], v. 92, Sept. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095032932100029X>. Acesso em: 19 ago. 2021.

GRAUDAL, N. A.; HUBECK-GRAUDAL, T.; JURGENS, G. Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterol, and triglyceride (Cochrane Review). **The Cochrane Database of Systematic Reviews**, [New York], v. 9, n. 11, Nov. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22071811/>. Acesso em: 17 fev. 2021.

HALIM, J. *et al.* The Salt Flip: Sensory mitigation of salt (and sodium) reduction with monosodium glutamate (MSG) in “Better-for-You” foods. **Journal of Food Science**, [Malden], v. 85, n. 9, p. 2902–2914, Sept. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32776553/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Salt reduction lowers cardiovascular risk: Meta-analysis of outcome trials. **The Lancet**, [New York], v. 378, n. 9789, p. 380–382, July 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21803192/>. Acesso em: 12 out. 2020.

HELMS, J. A. *et al.* Effects of chlorhexidine on human taste perception. **Archives of Oral Biology**, [Oxford], v. 40, n. 10, p. 913–920, Oct. 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8526801/>. Acesso em: 19 fev. 2021.

HU, Y. *et al.* Physicochemical properties and flavour profile of fermented dry sausages with a reduction of sodium chloride. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 124, p. 109061, Apr. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820300499>. Acesso em: 14 jan. 2021.

HUGHES, E.; COFRADES, S.; TROY, D. J. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, [Oxford], v. 45, n. 3, p. 273–281, Mar. 1997. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22061466/>. Acesso em: 18 dez. 2020.

IKEDA, K. On a new seasoning (in Japanese). **Journal Chemical Society**, [Taipei], v. 30, p. 820–826, 1908.

INGUGLIA, E. S. *et al.* Salt reduction strategies in processed meat products – A review. **Trends in Food Science and Technology**, [United Kingdom], v. 59, p. 70–78, Jan. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224416302539>. Acesso em: 22 out. 2020.

JECFA - Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **L-glutamic acid and its ammonium, calcium, monosodium and potassium salts**. Toxicological evaluations of Certain Food Additives and Contaminants. New York: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1988. p. 97–161.

JINAP, S. *et al.* Reduction of sodium content in spicy soups using monosodium glutamate. **Food and Nutrition Research**, [Slovakia], v. 60, p. 1–7, June 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4926097/>. Acesso em: 17 nov. 2020.

JINAP, S.; HAJEB, P. Glutamate. Its applications in food and contribution to health. **Appetite**, [London], v. 55, n. 1, p. 1–10, Aug. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20470841/>. Acesso em: 19 dez. 2020.

JOSE, P. A.; VILLAR, V. A. M. Chronic kidney disease and hypertension. *In*: PAPADEMETRIOU, E.; ANDREADIS, C. G. (orgs.). **Management of hypertension**. New York: Springer, 2019. p. 135–143.

KEAN, S. The science of satisfaction. **Distillations Magazine**, [Philadelphia], v. 1, n. 3, p. 1-5, Oct. 2015. Disponível em: <https://www.sciencehistory.org/distillations/magazine/the-science-of-satisfaction>. Acesso em: 22 dez. 2020.

KHODJAEVA, U. *et al.* About food additives as important part of functional food. **International Research Journal of Biological Science**, [Indore], v. 2, n. 4, p.74-86, 2013. Disponível em: https://www.jmbfs.org/wp-content/uploads/2013/06/115_jmbs_khodjaeva_fbp_f.pdf. Acesso em: 19 jan. 2021.

KIM, G. D. *et al.* Quality characteristics of fat-reduced emulsion-type pork sausage by partial substitution of sodium chloride with calcium chloride, potassium chloride and magnesium chloride. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 89, p. 140–147, Mar. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643817307715>. Acesso em: 14 nov. 2020.

KINNAMON, S. C. Taste receptor signalling – from tongues to lungs. **Acta Physiologica**, [Malden], v. 204, n. 2, p. 158–168, Feb. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21481196/>. Acesso em: 12 abr. 2021.

KONGSTAD, S.; GIACALONE, D. Consumer perception of salt-reduced potato chips: Sensory strategies, effect of labeling and individual health orientation. **Food Quality and Preference**, [Oxford], v. 81, Apr. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329319305324>. Acesso em: 13 abr. 2021.

KONOSU, S.; HAYASHI, T.; YAMAGUCHI, K. Role of extractive componentes of boiled crab in producing the characteristic flavor. *In*: KAWAMURA, Y.; KARE, M. R. (orgs.). **Umami: A Basic Taste**. New York: Marcel Dekker, 1987. p. 235–253.

KRÁL, M. *et al.* Substitution of sodium chloride by salt microspheres in dough: Effect on dough rheological properties. **Journal of Texture Studies**, [Malden], v. 49, n. 4, p. 456–463, Aug. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jtxs.12337>. Acesso em: 12 out. 2020.

KUO, W.-Y.; LEE, Y. Effect of food matrix on saltiness perception - implications for sodium reduction. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [Malden], v. 13, p. 906–923, Aug. 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12094>. Acesso em: 17 nov. 2020.

KURIHARA, K. Umami the fifth basic taste: History of studies on receptor mechanisms and role as a food flavor. **BioMed Research International**, [London], v. 2015, p. 1–10, July 2015. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/189402/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

KWOK, R. H. Chinese-restaurant syndrome. **New England Journal of Medicine**, [Waltham], v. 278, n. 14, p. 796, Apr. 1968. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25276867/>. Acesso em: 19 fev. 2021.

LAUVERJAT, C. *et al.* Salt and aroma compound release in model cheeses in relation to their mobility. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 57, n. 21, p. 9878–9887, Oct. 2009. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf901446w>. Acesso em: 12 dez. 2020.

LAW, M. Salt, blood pressure and cardiovascular diseases. **Journal of Cardiovascular Risk**, [New York], v. 7, n. 1, p. 5–8, Feb. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10785867/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

LEE, Y.-N.; LEE, S. M.; KIM, K.-O. Investigation on the intrinsic potential of using potassium chloride for partially replacing nacl in kimchi and the effect of information on consumer acceptance of sodium-reduced kimchi according to age. **Journal of Food Science**, [Malden], v. 84, n. 10, p. 2961–2972, Oct. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31612540/>. Acesso em: 13 jan. 2021.

LEWINGTON, S. *et al.* Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. **The Lancet**, [New York], v. 360, n. 9349, p. 1903–1913, Dec. 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12493255/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

LIEM, D. G.; MIREMADI, F.; KEAST, R. S. J. Reducing sodium in foods: The effect on flavor. **Nutrients**, [Switzerland], v. 3, n. 6, p. 694–711, June 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3257639/>. Acesso em: 18 dez. 2020.

LILIC, S. *et al.* Reducing sodium chloride content in meat burgers by adding potassium chloride and onion. **Procedia Food Science**, [London], v. 5, p. 164–167, Dec. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282305928_Reducing_Sodium_Chloride_Content_in_Meat_Burgers_by_Adding_Potassium_Chloride_and_Onion. Acesso em: 12 jan. 2021.

LIN, W.; OGURA, T.; KINNAMON, S. C. Responses to di-sodium guanosine 5'-monophosphate and monosodium L-glutamate in taste receptor cells of rat fungiform papillae. **Journal of Neurophysiology**, [Bethesda], v. 89, n. 3, p. 1434–1439, Mar. 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12626621/>. Acesso em: 14 jan. 2021.

LOBO, C. P.; FERREIRA, T. A. P. de C. Hedonic thresholds and ideal sodium content reduction of bread loaves. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 140, Feb. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996920311157>. Acesso em: 22 abr. 2021.

LYNCH, J. *et al.* A time-intensity study of the effect of oil mouthcoatings on taste perception. **Chemical Senses**, [Oxford], v. 18, n. 2, p. 121–129, Apr. 1993. Disponível em: <https://academic.oup.com/chemse/article-abstract/18/2/121/418745?redirectedFrom=PDF>. Acesso em: 18 dez. 2020.

MALULY, H. D. B.; ARISSETO-BRAGOTTO, A. P.; REYES, F. G. R. Monosodium glutamate as a tool to reduce sodium in foodstuffs: Technological and safety aspects. **Food Science and Nutrition**, [Philadelphia], v. 5, n. 6, p. 1039–1048, July 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29188030/>. Acesso em: 11 jan. 2021.

MALULY, H. D. B.; PAGANI, C.; CAPPARELO, K. B. Aspectos industriales y aplicación del glutamato monosódico en alimentos. *In*: REYES, R. G. R. (org.). **Umami y glutamato - Aspectos químicos, biológicos y tecnológicos**. 2. ed. São Paulo: Plêiade, 2013. p. 539–574.

MARUYAMA, Y. *et al.* Umami responses in mouse taste cells indicate more than one receptor. **The Journal of Neuroscience**, [Washington], v. 26, n. 8, p. 2227–2234, Feb. 2006. Disponível em: <https://www.jneurosci.org/content/26/8/2227>. Acesso em: 17 dez. 2020.

MATTES, R. D. Fat taste in humans: Is it a primary? *In*: MONTMAYEUR, J. P.; LE COUTRE, J. (eds.). **Fat detection: taste, texture, and post ingestive effects**. Florida: CRC Press, 2010. p. 167–193.

MCCAUGHEY, S. A. Dietary salt and flavour: Mechanisms of taste perception and physiological controls. *In*: BEEREN, C.; GROVES, K.; TITORIA, P. M. (orgs.). **Reducing salt in foods**. 2. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2019. p. 45–70.

MCGREGOR, R. Taste modification in the Biotech Era. **Food Technology**, [Chicago] v. 58, n. 5, p. 24-30, May 2004. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2004/may/features/taste-modification-in-the-biotech-era>. Acesso em: 15 jan. 2021.

METCALFE, D. D.; SAMPSON, H. A.; SIMON, R. A. **Food allergy: adverse reactions to foods and food additives**. Somerset: Blackwell Publishing, 2008. 623 p.

MICHA, R. *et al.* Etiologic effects and optimal intakes of foods and nutrients for risk of cardiovascular diseases and diabetes: Systematic reviews and meta-analyses from the Nutrition and Chronic Diseases Expert Group (NutriCoDE). **Plos One**, [San Francisco], v. 12, n. 4, p. 1–25, Apr. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28448503/>. Acesso em: 14 dez. 2020.

MONCADA, M. *et al.* Nano spray-dried sodium chloride and its effects on the microbiological and sensory characteristics of surface-salted cheese crackers. **The Lancet**, [New York], v. 98, n. 9, p. 5946–5954, Sept. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030215004610>. Acesso em: 22 jan. 2021.

MONNO, A. *et al.* Extracellular glutamate levels in the hypothalamus and hippocampus of rats after acute or chronic oral intake of monosodium glutamate. **Neuroscience Letters**, [Ireland], v. 193, n. 1, p. 45–48, June 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7566663/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

MORAIS, G. C.; BURGOS, M. G. P. de A. Impacto dos nutrientes na saúde óssea: novas tendências. **Revista Brasileira de Ortopedia**, [São Paulo], v. 42, n. 7, p. 189–194, July 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbort/a/Fb3RHfxb8BZQ5zMtW7Fb9s/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MORRISON, A. C.; NESS, R. B. Sodium intake and cardiovascular disease. **Annual Review Public Health**, [United States], v. 32, p. 71–90, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21219163/>. Acesso em: 17 dez. 2020.

MURPHY, C.; CARDELLO, A. V.; BRAND, J. Tastes of fifteen halide salts following water and NaCl: Anion and cation effects. **Physiology and Behavior**, [New York], v. 26, n. 6, p. 1083–1095, June 1981. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7280070/>. Acesso em: 29 jan. 2021.

NELSON, G. *et al.* An amino-acid taste receptor. **Nature**, [New York], v. 416, n. 6877, p. 199–202, Mar. 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11894099/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

NIJIMA, A. Reflex effects of oral, gastrointestinal and hepatoportal glutamate sensors on vagal nerve activity. **The Journal of Nutrition**, [Bethesda], v. 130, n. 4S, p. 971S-973S, Apr. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10736363/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

PANOUILLE, M. *et al.* Understanding of the influence of composition, structure and texture on salty perception in model dairy products. **Food Hydrocolloids**, [Oxford], v. 25, n. 4, p. 716–723, June 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X10002031>. Acesso em: 22 dez. 2020.

PEREIRA, G. A. P. *et al.* Cálcio dietético – estratégias para otimizar o consumo. **Revista Brasileira de Reumatologia**, [São Paulo], v. 49, n. 2, p. 164–180, Apr. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbr/a/4QNh3RBZgWPWQWsk58KjmdB/?lang=pt>. Acesso em: 17 dez. 2020.

PÉREZ, C. A. *et al.* A transient receptor potential channel expressed in taste receptor cells. **Nature Neuroscience**, [New York], v. 5, n. 11, p. 1169–1176, Nov. 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12368808/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

PHAN, V. A. *et al.* In vivo sodium release related to salty perception during eating model cheeses of different textures. **International Dairy Journal**, [Oxford], v. 18, n. 9, p. 956–963, Mar. 2008. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.472.9719&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 13 out. 2020.

POHL, H. R.; WHEELER, J. S.; MURRAY, H. E. Sodium and potassium in health and disease. *In*: SIGEL, A.; SIGEL, H.; SIGEL, R. K. O. (orgs.). **Interrelations between essential metal ions and human diseases**. New York: Springer, 2013. v. 13, p. 29–47.

PORTAL UMAMI. **Alimentos ricos em umami**. 2021. Disponível em: <https://www.portalumami.com.br/sobre/alimentos-ricos-em-umami/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

PUBCHEM. **Monosodium glutamate**. 2021a. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23672308#section=Information-Sources>. Acesso em: 10 maio 2021.

PUBCHEM. **Monoammonium glutamate**. 2021b. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Monoammonium-glutamate>. Acesso em: 10 maio 2021

PUBCHEM. **CID 20819**. 2021c. Disponível em:
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/20819>. Acesso em: 10 maio 2021.

PUBCHEM. **CID 21712**. 2021d. Disponível em:
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/21712>. Acesso em: 10 maio 2021.

PUBMED. **How does our sense of taste work?**. 2016. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279408/>. Acesso em: 1 maio 2021.

QUILAQUEO, M.; DUIZER, L.; AGUILERA, J. M. The morphology of salt crystals affects the perception of saltiness. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 76, p. 675–681, Oct. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28455052/>. Acesso em: 19 nov. 2020.

RAFFO, A. *et al.* Influence of different levels of sodium chloride and of a reduced-sodium salt substitute on volatiles formation and sensory quality of wheat bread. **Journal of Cereal Science**, [London], v. 79, p. 518–526, Jan. 2018. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521017307324>. Acesso em: 14 out. 2020.

RAMA, R. *et al.* Impact of salt crystal size on in-mouth delivery of sodium and saltiness perception from snack foods. **Journal of Texture Studies**, [Malden], v. 44, n. 5, p. 338–345, Oct. 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jtxs.12017>. Acesso em: 17 dez. 2020.

RANGAN, C.; BARCELOUX, D. G. Food additives and sensitivities. **Disease-a-Month: DM**, [New York], v. 55, n. 5, p. 292–311, May 2009. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19362177/>. Acesso em: 13 fev. 2021.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. *et al.* New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 108, p. 253–260, July 2019. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364381930252X>. Acesso em: 22 jan. 2021.

REDONDO-SOLANO, M. *et al.* Control of *Clostridium perfringens* spore germination and outgrowth by potassium lactate and sodium diacetate in ham containing reduced sodium chloride. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 137, p. 110395, Feb. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820313840>. Acesso em: 13 abr. 2021.

REISSNER, A. M. *et al.* Sodium-chloride reduction by substitution with potassium, calcium and magnesium salts in wheat bread. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 108, p. 153–159, July 2019. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643819302646>. Acesso em: 15 dez. 2020.

RIOS-MERA, J. D. *et al.* Modification of NaCl structure as a sodium reduction strategy in meat products: An overview. **Meat Science**, [Oxford], v. 174, p. 108417, Apr. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174020308494>. Acesso em: 18 maio 2021.

RITTHAUSEN, K. On a procedure for separating inosinic acid. **Journal of Tokyo Chemical Society**, [Tokyo], v. 34, p. 751–757, 1913. Disponível em: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10018524546/>. Acesso em: 14 jan. 2021.

ROCHA, R. A. R. *et al.* Effect of the food matrix on the capacity of flavor enhancers in intensifying salty taste. **Journal of Food Science**, [Malden], v. 86, n. 3, p. 1022–1032, Mar. 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841.15634>. Acesso em: 19 abr. 2021.

ROCHA, R. A. R. *et al.* Temporal profile of flavor enhancers MAG, MSG, GMP, and IMP, and their ability to enhance salty taste, in different reductions of sodium chloride. **Journal of Food Science**, [Malden], v. 85, n. 5, p. 1565–1575, May 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32282071/>. Acesso em: 12 out. 2020.

RODRIGUES, D. M. *et al.* Microparticulated salts mix: An alternative to reducing sodium in shoestring potatoes. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 69, n. 3, p. 390–399, Jan. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/291950051_Microparticulated_salts_mix_An_alternative_to_reducing_sodium_in_shoestring_potatoes. Acesso em: 15 abr. 2021.

ROEBBER, J. K.; ROPER, S. D.; CHAUDHARI, N. The role of the anion in salt (NaCl) detection by mouse taste buds. **The Journal of Neuroscience**, [Washington], v. 39, n. 32, p. 6224–6232, Aug. 2019. Disponível em: <https://www.jneurosci.org/content/39/32/6224>. Acesso em: 18 out. 2020.

RONG, M. *et al.* Signal transduction of Umami taste: Insights from knockout mice. **Chemical Senses**, [Oxford], p. 33–34, Jan. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15738181/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

RUNNING, C. A.; CRAIG, B. A.; MATTES, R. D. Oleogustus: The unique taste of fat. **Chemical Senses**, [Oxford], v. 40, n. 7, p. 507–516, Sept. 2015. Disponível em: <https://academic.oup.com/chemse/article/40/7/507/400784?login=true>. Acesso em: 17 fev. 2021.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, [Oxford], v. 70, n. 3, p. 531–541, July 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22063751/>. Acesso em: 14 out. 2020.

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**, [Malden], v. 12, n. 2, p. 107–120, June 2001. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/14900535.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2021.

SACKS, F. M. *et al.* Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (dash) diet. **The New England Journal of Medicine**, [Waltham], v. 344, n. 1, p. 3–10, Jan. 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11136953/>. Acesso em: 13 dez. 2020.

SAMAPUNDO, S. *et al.* Effect of NaCl reduction and replacement on the growth of fungi important to the spoilage of bread. **Food Microbiology**, [London], v. 27, n. 6, p. 749–756, Sept. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740002010000511>. Acesso em: 15 nov. 2020.

SANO, C. History of glutamate production. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [Bethesda], v. 90, n. 3, p. 728S–732S, Sept. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19640955/>. Acesso em: 11 out. 2020.

SCF - Scientific Committee for Food. **Directive n° 95/2/EC of 20 February 1995 on food additives other than colours and sweeteners**. Official Journal of the European Union. European Parliament And Council, 1995. Disponível em: https://www.fsai.ie/uploadedFiles/European_Parliament_and_Council_Directive_No_95_2_EC.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

SCF - Scientific Committee for Food. **Reports of the Scientific Committee for food on a first series of food additives of various technological functions, Commission of the European Communities**. Brussels: Reports of the Scientific Committee for Food, 1991. Disponível em: http://aei.pitt.edu/40834/1/25th_food.pdf. Acesso em: 14 nov. 2020.

SCHACTER, D. L.; GILBERT, D. T.; WEGNER, D. M. **Psychology**. 2. ed. United States of America: Worth Publishers, 2010. 793 p.

SCHIFFMAN, S. S.; MCELROY, A. E.; ERICKSON, R. P. The range of taste quality of sodium salts. **Physiology & Behavior**, [Oxford], v. 24, n. 2, p. 217–224, Feb. 1980. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7375535/>. Acesso em: 15 dez. 2020.

SHANMUGAMPREMA, D. *et al.* Fat taste signal transduction and its possible negative modulator components. **Progress in Lipid Research**, [Oxford], v. 79, p. 101035, July 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32437786/>. Acesso em: 22 fev. 2021.

SIHUFE, G. A. *et al.* Effect of sodium chloride reduction on physicochemical, biochemical, rheological, structural and sensory characteristics of Tybo cheese. **International Dairy Journal**, [Oxford], v. 82, p. 11–18, July 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694618300530>. Acesso em: 13 out. 2020.

SILVERTHORN, D. U. **Human Physiology: An integrated approach**. 5th ed. San Francisco: Cummings, 2009. 922 p.

SINESIO, F. *et al.* Impact of sodium reduction strategies on volatile compounds, sensory properties and consumer perception in commercial wheat bread. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 301, p. 125252, Dec. 2019. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31374532/>. Acesso em: 22 mar. 2020.

SPECTRABASE. **Glutamic acid, 5-sodium salt**. 2021a. Disponível em: <https://spectrabase.com/compound/BeK9QuPG24g>. Acesso em: 10 maio 2021.

SPECTRABASE. **L-glutamic acid, 5-ammonium salt**. 2021b. Disponível em: <https://spectrabase.com/spectrum/5aCKbPDr7YF>. Acesso em: 10 maio 2021.

SPECTRABASE. **5'-inosinic acid, disodium salt**. 2021c. Disponível em: <https://spectrabase.com/compound/4vKMFOsoE6I>. Acesso em: 10 maio 2021.

SPECTRABASE. **Disodium 5-Guanylate**. 2021d. Disponível em: <https://spectrabase.com/compound/9YLWW68UAel>. Acesso em: 10 maio 2021.

TIDONA, F. *et al.* The impact of sodium chloride reduction on Grana-type cheese production and quality. **Journal of Dairy Research**, [New York], v. 86, n. 4, p. 470–476, Nov. 2019. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/abs/impact-of-sodium-chloride-reduction-on-granatype-cheese-production-and-quality/FBC1EFB6994686CA7E7DC9F5D41F2905>. Acesso em: 15 out. 2020.

TORII, K.; MORIYAMA, Y. Taste and health: nutritional and physiological significance of taste substances in daily foods. Foreword. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, [Tokyo], v. 33, n. 11, p. 1772–1777, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21048296/>. Acesso em: 18 dez. 2020.

TORII, K.; UNEYAMA, H.; NAKAMURA, E. Physiological roles of dietary glutamate signaling via gut-brain axis due to efficient digestion and absorption. **Journal of Gastroenterology**, [Japan], v. 48, n. 4, p. 442–451, Apr. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3698427/>. Acesso em: 15 dez. 2020.

TRIVEDI, B. P. Gustatory system: the finer points of taste. **Naturec**, [United States], v. 486, n. 7403, p. S2-S3, June 2012. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/486S2a>. Acesso em: 19 nov. 2020.

TÜRKOĞLU, Ş. Evaluation of genotoxic effects of five flavour enhancers (glutamates) on the root meristem cells of *Allium cepa*. **Toxicology and Industrial Health**, [United States], v. 31, n. 9, p. 792–801, Feb. 2015. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0748233713475509?journalCode=tiha>. Acesso em: 17 out. 2020.

USDA - DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **National nutrient database**, 2015. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/>. Acesso em: 15 dez. 2020.

WEBSTER, J. *et al.* Understanding the science that supports population- wide salt reduction programs. **Journal of Clinical Hypertension**, [Greenwich], v. 19, n. 6, p. 569-576, June 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28349642/>. Acesso em: 12 fev. 2021.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases**. Geneva: WHO, 2013. p. 23. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241506236>. Acesso em: 19 jan. 2021.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guideline:** Sodium intake for adults and children. Geneva: WHO, 2012. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241504836>. Acesso em: 18 mar. 2021.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO global sodium benchmarks for different food categories.** Geneva: WHO, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240025097>. Acesso em: 11 abr. 2021.

WITT, M. Anatomy and development of the human taste system". Smell and Taste. **Handbook of Clinical Neurology**, [s. l.], v. 164, p. 147–171, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63855-7.00010-1>. Acesso em: 14 fev. 2021.

WONG, K. M. *et al.* Sodium reduction strategies through use of meat extenders (white button mushrooms vs. textured soy) in beef patties. **Food Science and Nutrition**, [Philadelphia], v. 7, n. 2, p. 506–518, Jan. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6392865/>. Acesso em: 12 jan. 2021.

YAMAGUCHI, S. Basic properties of umami and its effects on food flavor. **Food Reviews International**, [Philadelphia], v. 14, n. 2-3, p. 139–176, Nov. 1998. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129809541156>. Acesso em: 17 dez. 2020.

YAMAGUCHI, S.; KIMIZUKA, A. Psychometric studies on the taste of monosodium glutamate. **Glutamic Acid: Advances in biochemistry and physiology**, [s. l.], p. 35–54, 1979. Disponível em: <https://dokumen.tips/documents/psychometric-studies-on-the-taste-of-monosodium-glutamate.html>. Acesso em: 14 nov. 2020.

YAMAGUCHI, S.; TAKAHASHI, C. Interactions of monosodium glutamate and sodium chloride on saltiness and palatability of a clear soup. **Journal of Food Science**, [Malden], v. 49, n. 1, p. 82–85, Jan. 1984. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1984.tb13675.x>. Acesso em: 11 out. 2020.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**ARTIGO 1 - EFFECT OF THE FOOD MATRIX ON THE CAPACITY OF FLAVOR ENHANCERS IN INTENSIFYING SALTY TASTE**

Renata Abadia Reis Rocha¹, Lenízy Cristina Reis Rocha², Michele Nayara Ribeiro³, Ana Paula Lima Ribeiro⁴, Roney Alves da Rocha⁵, João de Deus Souza Carneiro⁶.

¹Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: renata.ufvcrp@gmail.com

²Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: lenizyr@gmail.com

³Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: michele.ribeiro01@gmail.com

⁴Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: anaplima.com@gmail.com

⁵Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: roney.rocha@ufla.br

⁶Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: joaodedeus@ufla.br

*Corresponding author: Renata Abadia Reis Rocha, Department of Food Science, Federal University of Lavras - UFLA, s/n, PO Box 3037, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. Fone: 55 35 38291013. E-mail: renata.ufvcrp@gmail.com

Article published in the Journal of Food Science

ISSN:1750-3841 - Impact factor:3.167

“ROCHA, R. A. R.; ROCHA, L. C. R.; RIBEIRO, M. N.; RIBEIRO, A. P. L.; ROCHA, R. A.; CARNEIRO, J. D. S. (2021). Effect of the food matrix on the capacity of flavor enhancers in intensifying salty taste. *Journal of Food Science*, 0 (0), 1–11. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15634>.”

ABSTRACT

The effect of the flavor enhancers monoammonium glutamate (MAG), monosodium glutamate (MSG), disodium guanylate (GMP), and disodium inosinate (IMP) on intensifying salty taste in food matrices (shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burgers) with a reduction in the amount of sodium chloride (NaCl) present was evaluated. Experiments were conducted using a central composite rotational design (CCRD) with two variables: the concentrations of flavor enhancer and NaCl added in the food matrix. The effect of IMP was not significant ($p > 0.05$) on the intensity of salty taste in any of the matrices analyzed. GMP presented lower performance compared to MAG and MSG in intensifying the salty taste of the treatments, regardless of the reduction of NaCl. Compared to MSG and GMP, MAG showed greater efficiency in intensifying the salty taste in requeijão cheese and beef burger with a reduction of 25%, 50%, 75%, and 100% of NaCl. MSG presented higher efficiency compared to MAG and GMP when applied in shoestring potatoes for all reductions of NaCl tested (25%, 50%, and 75%). The ability of flavor enhancers to improve the salty taste depends on the effect of the flavor enhancer, the complexity of the food matrix, and the reduction of NaCl in foods.

PRACTICAL APPLICATIONS: The complexity of the food matrix plays a significant role in the perception of salty taste in sodium-reduced products. In these products, sodium reduction may affect the taste enhancer's effect of enhancing salty taste. Therefore, this study broadens the knowledge of the effects of flavor enhancers on different foods, as well as the ability to enhance salty taste in food matrices with NaCl reduction. Moreover, it provides information on how to reduce the sodium content in these matrices while maintaining the same perception of salty taste as a conventional matrix.

Keywords: Monosodium glutamate, Disodium inosinate, Disodium guanylate, Monoammonium glutamate, Sodium

1. INTRODUCTION

The daily consumption of sodium by a large part of the world's population is above the level recommended by the World Health Organization (World Health Organization, 2013). This high sodium intake has received attention from public health authorities as it is directly related to the development of chronic noncommunicable diseases, including hypertension and kidney disease (He, F. J.; MacGregor, 2011; Maluly, Ariseto-Bragotto, & Reyes, 2017; World Health Organization, 2013). Therefore, reducing sodium intake below maximum recommended levels is highly recommended.

However, a major challenge for the food industry is maintaining the sensory characteristics of products with low sodium content. Consequently, it is essential to identify appropriate compounds to maintain palatability and determine their optimal levels to compensate for the loss of quality in taste caused by sodium reduction (Jinap et al., 2016). One of the alternatives for reducing the concentration of sodium in food products is the use of flavor enhancers, as it makes it possible to decrease the NaCl concentration without sacrificing palatability and the intensity of the salty taste of food (Rocha et al., 2020). These are also generally recognized as safe substances (GRAS).

These substances are naturally found in some foods and are characterized by the presentation of amino acid glutamate or nucleoside inosinate and guanylate. The most well-known flavor enhancer in food is monosodium glutamate (MSG), which is a sodium salt of L-glutamic acid. Other glutamate salt flavor enhancers exist that are associated with ammonium, potassium, and calcium. Other molecules, such as nucleotides (inosinate and guanylate), also have their forms in sodium salts and are also available commercially to improve the taste of food (Kurihara, 2015).

These flavor enhancers act by intensifying the salty taste. Yamaguchi & Takahashi (1984) and Yamaguchi & Akimitsu (1979) studied the physiological interactions of the intensification of salty taste by umami taste. The authors found that an intensification of salty taste occurs when umami substances are present. The main impact is the increase in salivary secretion, smoothness, and continuity of umami taste in the mouth. However, the exact mechanisms of taste reception are unclear and require further investigation (Chaudhari & Roper, 2010; Maluly et al., 2017). One hypothesis is that this increase in salivation facilitates the dissolution of food and the dissociation of sodium ions and also the contact with

the ion channels of the membranes, providing a chemical environment favorable to the perception of salty taste by the taste cells.

Although these flavor enhancers are widely used in food, there is little scientific information available regarding these substances, such as their effects on different foods, as well as the ability to intensify salty taste in food matrices with the reduction of sodium chloride (NaCl). Among the challenges of maintaining the sensory characteristics of sodium-reduced products, one difficulty is to maintain the same perception of the salty taste. This perception in any food product is a complex process and several mechanisms coexist to determine the intensity (Gaudette & Pietrasik, 2017). The complexity of the food matrix plays a significant role in this perception of salty taste in sodium-reduced products (Gaudette & Pietrasik, 2017; Kuo & Lee, 2014). Therefore, studies that evaluate the use of flavor enhancers alongside sodium reduction are being performed in different matrices.

The objective of this study was to evaluate the ability of the flavor enhancers monoammonium glutamate (MAG), MSG, disodium guanylate (GMP), and disodium inosinate (IMP) to intensify the salty taste in food matrices (shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burgers) with a reduction of NaCl.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Material

NaCl was obtained from Vetec (Duque de Caxias/RJ, Brazil); MAG, MSG, GMP, and IMP were obtained from AJINOMOTO (São Paulo, São Paulo, Brazil); sodium tripolyphosphate was obtained from New Max (Americana, São Paulo, Brazil); shoestring potatoes without the addition of NaCl were obtained from Croques (São João Del Rei, Minas Gérias, Brazil); and requeijão cheese without the addition of NaCl was obtained from Vimilk (Perdões, Minas Gerais, Brazil). The lard, ground beef (**knuckle**), and condiments were purchased from the local market of Lavras, Minas Gerais, Brazil.

2.2 Experimental Design

Aiming to evaluate the effect of flavor enhancers on the perception of salty taste intensity in three food matrices, an experiment was performed following a response surface methodology as a CCRD - central composite rotational design (Myers, Montgomery & Anderson-Cook, 2016) with two factors; the reduction NaCl to the food matrix and of flavor enhancers added to the food matrix, with both expressed as percentages. Each factor was evaluated with two levels (-1 and 1), two axial points (-1.41 and 1.41), and three repetitions at the central point (0), totaling 11 experimental units (Table 1).

2.3 Preparation of food matrices

For this experiment, three food matrices were used: shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burger. The matrices were processed in the New Products Development Laboratory of the Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais, Brazil). The shoestring potatoes and requeijão cheese were purchased directly from the food industry without the addition of NaCl, and NaCl and the respective flavor enhancer of the treatment in question were then added. The beef burger formulations were prepared according to the methods of Mattar et al. (2018), and flavor enhancers and NaCl were added. NaCl and flavor enhancers were added to the food matrices according to the methods in section 2.3.1 in the stated quantities (Table 2).

2.3.1 Salting preparation of food matrices

The salting of shoestring potatoes was performed by sieving the salt and flavor enhancer evenly over 100 g of shoestring potatoes distributed on a tray. The salted shoestring potatoes were then placed in a sterile plastic bag and mixed manually for 5 min. To control the salt content of each treatment, the plastic bag with the remaining salt/flavor enhancer was weighed after removing the sample. If the salt/flavor enhancer weighed (retained in the package) more than 5% of the amount added, the salting process was redone (Rodrigues et al, 2016).

Before the requeijão cheese salting process, the amount of sodium in the molten salts from processing was verified through the analysis of sodium (Harris, 2017). Then, using mathematical equations, sodium from sample processing was discounted from the amount of NaCl that would be

added to salt the sample. NaCl and flavor enhancer were sprayed onto the requeijão cheese. As a creamy product, the requeijão cheese was easily homogenized together with NaCl and flavor enhancer by a mixer (Walita RI13643) for 5 min to ensure that both were completely homogenized in the product.

The salting of beef burgers was carried out when processing the product according to the methods of Mattar et al. (2018). The NaCl and flavor enhancer used in each sample were mixed with meat and other ingredients manually for 5 min to ensure that the final mass was completely homogeneous.

2.4 Sensory analysis

2.4.1 Sensory analysis: experimental procedure

This study was reviewed and approved by the Ethics Committee of the Federal University of Lavras (CAAE: 44635815.2.0000.5148). Sensory analysis was conducted in the Laboratory of Sensory Analysis in the Department of Food Science at the Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais, Brazil) in individual booths with white light and temperature maintained at 25°C.

Sensory analysis was performed during two sessions per day, one in the morning and one in the afternoon. During each session, panel members evaluated three samples at a time. Each session lasted an average of 10 min, but the panelists were free to determine their time for sensory analysis. In each session, the participants evaluated only one food matrix with one flavor enhancer added. The samples were served in monadic form, following the order of presentation of the samples described by Wakeling & Macfie (1995), with an average of 10 g of each sample. Panelists were instructed to drink a 5% aqueous solution of lemon juice and then drink water to cleanse their palette between sample evaluations. According to Tian & Fisk (2012), the 5% aqueous solution of lemon juice is effective for removing the residual taste from the taste buds caused by flavor enhancers.

2.4.2 Sensory panel: recruitment, selection, and training

Forty consumers were recruited who were available and interested in participating in the selection survey. As a criterion to participate in the selection, individuals were required to consume shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burger with no restrictions on the consumption of these products, in addition to already having experience in sensory analysis. The selection of the panelists was conducted, which took place over two stages. First, the basic taste identification test was applied according to the International Organization for Standardization (ISO 8586, 2012). For the basic taste recognition test, 10 solutions were used with the five basic tastes (0.08% NaCl, 0.15% NaCl, 0.04% citric acid, 0.07% citric acid, 0.4% sucrose, 0.8% sucrose, 0.6 % MSG, 1% MSG, 0.03% caffeine, and 0.06% caffeine). To be selected for the second stage the panelist were required to get at least 60% of the answers correct and recognize at least one solution for each basic taste.

Then, the discriminating capacity of the panelists (Meilgaard, Civille, & Carr, 2016) was evaluated by applying triangular tests and Wald's sequential analysis using 1% saline and 1.25% w/w saline. These samples were defined in paired comparison tests, in which there was a significant difference of 1%. The results were evaluated using Wald's sequential analysis (Amerine, Pangborn & Roessler, 1965). To determine Wald's sequential analysis, the following values were used: $P = 0.30$ (maximum acceptable disability), $P_1 = 0.70$ (minimum acceptable skill), risks $\alpha = 0.10$ (probability of accepting a candidate without sensory acuity) and $\beta = 0.10$ (probability of rejecting a candidate with sensory acuity). From the defined parameters, two-line equations were obtained and used to construct the graph of Wald's analysis. From the parameters presented above, we obtained a graph describing three areas; acceptance, rejection, and indecision of the panelists. The panelists were selected or rejected according to the number of correct tests analyzed in the triangular graph. The panelists were selected upon achieving eight simultaneous correct answers. If any answer was missed, further tests were required to reach the acceptance area of the graph. According to the ability to identify basic tastes and sample discrimination, 17 panelists were selected. According to Heymann et al., (2012) in descriptive sensory analysis, more than 10 panelists are indicated, thus, all 17 selected participants were trained and performed the final tests.

The selected panelists were trained in the recognition of the salty taste and the use of the intensity scale as described by Rocha et al. (2020). Panelist training took place over three months during six weekly sessions (6 h/week). The training of each food matrix took place in isolation. Initially, the panel participants were familiarized with the salty taste in saline and umami taste in aqueous solution, to clarify the difference between both tastes and to avoid confounding factors during analysis. Then, they were familiarized with the standards used for weak and strong categories for the salty taste for shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burger.

As with the experiments of the food matrices, experiments involving the addition of each flavor enhancer (12 experiments) were conducted separately. The matrix was defined as a reference for the absence of salty taste and strong salty taste, under conditions that anchored on the scale. As in the quantitative descriptive analysis (Meilgaard, Civille, & Carr, 2016), in which an intensity scale was used, it is standard practice to use the food matrix as a reference in training and the anchors of the intensity scale for better calibration of the salty taste by the panelists.

The salty flavor references were defined together with the panel participants. The food matrices without the addition of NaCl (shoestring potatoes with 0% NaCl (w/w), requeijão cheese with the addition of 0% NaCl (w/w), and beef burger with the addition of 0% NaCl (w/w) were used as references for the absence of salty taste. The references for strong salty taste were shoestring potatoes with 1.6% NaCl (w/w), requeijão cheese with the addition of 0.58% NaCl (w/w), and beef burger with the addition of 1.4% NaCl (w/w). This percentage of NaCl for each food matrix was previously defined using the ideal scale test (Lutz, 2008).

Subsequently, the panelists were familiarized with the use of the intensity scale. Panel participants were asked to evaluate the salty taste attributes of the samples of shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burger and to score their intensities using the nine centimeters unstructured intensity scale (Lawless & Heymann, 2010) anchored at the left end (point 0 cm) with the term "no salt taste" and in the right end (point 9 cm) with the term "strong salty taste". The tasters received the references together with the sample at the time of analysis to facilitate the calibration of the salty taste.

For the taster to score the intensity of salty taste on the intensity scale, it was explained that samples of intermediate intensity concerning the scale references should also have intermediate notes on the scale between 4 and 5 cm. Samples with less salty taste should have notes smaller than 4 cm, as they were closer to the left anchor and, similarly, samples with a more pronounced salty taste should have notes more to the right of the scale (greater than 5 cm).

To assess training efficiency we analyzed the repeatability and discriminating power of the panelists. The results of the final selection showed that all panelists were able to discriminate between the samples ($p_{\text{sample}} < 0.30$) and presented acceptable repeatability ($p_{\text{repetition}} > 0.05$) (Damásio & Costell, 1991).

2.4.3 Sensory analysis: intensity scale

The sensory analysis of food matrices with added flavor enhancers took place in isolation, starting with the shoestring potatoes matrix (shoestring potatoes + MAG, shoestring potatoes + MSG, shoestring potatoes + GMP, and shoestring potatoes + IMP) then requeijão cheese (requeijão cheese + MAG, requeijão cheese + MSG, requeijão cheese + GMP, and requeijão cheese + IMP) and finally beef burger (beef burger + MAG, beef burger + MSG, beef burger + GMP, and beef burger + IMP). It took two days for each food matrix experiment to have each flavor enhancer added.

In the definitive sensory analysis, panelists were invited to use the intensity scale in the same way as they were instructed in training. Upon receiving the sample, they were required to taste the sample and mark the intensity of salty taste on the scale, according to the anchors and references. The panelists were free to prove the minimum and maximum scale references. After finishing the analysis, they were invited to rinse their taste buds with 5% lemon juice followed by drinking water (Tian & Fisk, 2012).

At the end of each analysis, all the sensory files were measured with a 30 cm ruler to obtain the salty flavor intensity values and were then analyzed according to the methods in section 2.5.

2.5 Statistical analysis

A second-order response surface model was fitted to the experimental data (Equation 1):

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + e \quad (\text{Equation 1})$$

The variable y is the salty taste intensity, β_0 is the global mean, β_1 and β_2 are the linear indices, β_{12} is the index of the interaction term, β_{11} and β_{22} are the quadratic indices, e is the experimental error of the model, x_1 is the percentage of reduction NaCl to the food matrix (RT NaCl), and x_2 is the percentage of flavor enhancer. A model for MAG, MSG, GMP, and IMP was adjusted in each food matrix, totalling 12 models.

Regression and analysis of variance (ANOVA) were applied to evaluate the significance ($p \leq 0.05$) of the parameters of the mathematical models. The fit quality of the models was expressed by the coefficient of determination (R^2) and the statistical significance was determined by the F test. Data analysis was performed using the response surface methodology provided by the CCRD with ChemoFace software, Lavras - Brazil (Nunes et al., 2012).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Polynomial models for the different food matrices

The reparametrized second-order polynomial response surface model was set for the experiment. Some non-significant terms were eliminated, and the resulting equation was tested for adequacy by ANOVA (Table 3).

The IMP flavor enhancer had no significant effect ($p > 0.05$) on the intensification of the salty taste of the shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burger samples, with different reductions in NaCl content (RT NaCl). This suggests that the addition of this flavor enhancer did not influence the intensity of the salty taste of the treatments. Kuninaka (1960) and Zhang et al. (2008) state that IMP has a synergistic effect with glutamate/guanylate, which allows it to intensify the salty taste. Therefore, its use is more efficient when applied together, causing a synergism between flavor enhancers.

The adjusted models for MAG, MSG, and GMP were adequate, with significant regressions ($p < 0.05$), low residual values, and coefficients of determinations greater than 0.90, indicating that they were suitable for prediction purposes. All linear coefficients for x_1 and x_2 presented positive values, so

there was a positive linear relationship between NaCl concentration and the concentration of flavor enhancers with the salty taste intensity of the treatments. In treatments 2, 5, 9, and 11, the quadratic coefficients were negative, which demonstrates a linear inverse relationship.

Only MAG flavor enhancer for requeijão cheese and beef burger and GMP for beef burger showed significant quadratic effects on regressor models. The GMP presented a lower coefficient (x_2) for shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burger, indicating that it tends to intensify less salty taste more than MAG and MSG.

To evaluate the ability of flavor enhancers to enhance salty taste in the matrices with different reductions of NaCl (25%, 50%, 75%, and 100% NaCl reduction), graphs were elaborated relating the salty taste intensity of the treatments (STI_T), the salty taste intensity of the control treatment (STI_C) and effective sodium reduction (Figures 2, 3 and 4) (Rocha et al., 2020). These intensities were estimated using the adjusted models for each matrix/enhancer (Table 3). The control treatment was used for the food matrix without the reduction of NaCl content or the use of flavor enhancers. The controls used were shoestring potatoes with added 1.6% NaCl and 0% flavor enhancer, requeijão cheese with added 0.58% NaCl and 0% flavor enhancer, and beef burger with added 1.4% NaCl and 0% flavor enhancer.

In addition to the intensity indices, the effective sodium reduction (% Rc) was calculated for each treatment of the food matrices with NaCl and flavor enhancer added. The Rc was calculated considering the percentage of sodium that MSG and GMP supplied to the treatments, which was 12.3 and 11.3%, respectively. These sodium values provided by the flavor enhancers were added, then the reduction of the sodium content in the tests would present real values, considering all chemical structures that provide sodium.

Figures 1, 2, 3 and 4 show the effects of the addition of flavor enhancers with the sodium content of the matrices, and compare the sodium content of the control treatment (matrix with no sodium reduction and no NaCl addition) with the sodium content of the treatments with flavor enhancers and NaCl added.

3.1.1 The effect of flavor enhancers on the salty taste intensity of shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burger, with different reductions of sodium chloride

In shoestring potatoes (Figure 1), all flavor enhancers were less efficient than in other food matrices. However, GMP has been shown to intensify the salty taste in shoestring potato to a greater degree than the other flavor enhancers, as it requires a lower concentration to intensify the salty taste; however, this behavior is observed in higher concentrations (> 1%). GMP has sodium in its composition, so should be used sparingly, as it can generate a false impression of NaCl reduction. MAG had a low capacity to enhance the salty taste in shoestring potatoes. MAG showed better results in a high concentration of NaCl, where a low concentration of MAG was required to provide a salty intensity similar to the control (1.6%; 0%).

Requeijão cheese was the food matrix that showed the greatest potential to reduce sodium content with the addition of flavor enhancers (Figure 1). MAG was highly effective compared to the other flavor enhancers, as low concentrations were required to intensify the salty taste to equal or higher than that of the control (0.58%; 0%). The behavior of MSG is different to other flavor enhancers, as it requires high concentrations to provide an increase in the intensity of salty taste, except for high concentrations of NaCl. GMP showed a behavior similar to MAG, with the potential to intensify the salty taste in requeijão cheese; however, MAG works by intensifying the salty taste without adding sodium to the final product.

The beef hamburger, due to the complexity of its food matrix, also showed good results by reducing the required sodium content with the addition of flavor enhancers to its composition (Figure 1). MAG had good effectiveness in intensifying the salty taste in hamburgers. In high concentrations of NaCl (> 1.0%), low concentrations (< 0.4%) of MAG were required for salty taste intensity equal to or higher than that of the control (1.4%; 0%). The concentration of MSG had an opposite effect to that of NaCl because, with a decrease in NaCl concentration, MSG concentration increased. Below 1.0% NaCl requires higher concentrations of MSG (1-2%) to obtain a salty taste intensity similar to that of the control. GMP showed good ability to intensify the salty taste in hamburgers with high and medium concentrations of NaCl (> 0.7%). GMP concentration showed a quadratic effect since there was an increase in salty taste up to 1%, and above this concentration there was a decrease in intensity.

The response surfaces of the food matrices with NaCl reduction with added flavor enhancers are important for the general visualization of the experiment. It is necessary to understand that some positive effects of the MSG and GMP flavor enhancers (Figure 1) observed in this section may have occurred due to the presence of sodium in the flavor enhancers' chemical structures. However, it is also necessary to determine the reduction in actual NaCl content, that is, the amount of sodium that is truly being reduced (Figure 2, 3, and 4). Therefore, in the other sections, we analyzed the amount of NaCl reduced compared to the control of each food matrix.

3.1.2 Effect of flavor enhancers on the intensity of the salty taste of shoestring potatoes with the reduction of sodium chloride

Increases in the concentrations of flavor enhancers (MAG, MSG, and GMP) increased the salty taste intensity of the treatments for the concentrations of NaCl added to the shoestring potatoes. However, increasing MSG and GMP concentrations increased the sodium content of the evaluated treatments, since MSG ($C_5H_8NO_4Na$) and GMP ($C_{10}H_{12}N_5Na_2O_8P$) present sodium in their chemical compositions, increasing the sodium concentration in the shoestring potatoes (Figure 2), which was not observed for MAG.

The MAG treatments had the highest salty taste intensity for shoestring potatoes without the addition of NaCl (Figure 2A). The salty taste intensity of the shoestring potatoes without the addition of NaCl was less than 52% of the salty taste intensity of the control treatment, for all evaluated treatments. This result shows that flavor enhancers were not effective in increasing the perception of salty taste in shoestring potatoes with 100% reduction in NaCl.

In shoestring potatoes with 25%, 50%, and 75% reduction of NaCl, the samples that presented the highest salty taste had added MSG (Figures 2B, 2C, and 2D). The treatments with 75% reduction of NaCl and 2% of MSG, 50% reduction of NaCl and 2% of MSG, and 25% reduction of NaCl and 1.2% of MSG showed an intensity of salty taste close to or equal to the control treatment (shoestring potatoes without reduction of NaCl). These treatments reached, respectively, 35%, 10%, and 2% of the actual reduction of the sodium content.

It was also found that by adding 1.2%, 2%, and 2% MAG to the shoestring potatoes with 25%, 50%, and 75% NaCl reduction, respectively, the salty taste was equal to 100%, 93%, and 73% to the control treatment, without adding sodium to the final product. GMP presented the lowest performance for enhancing the salty taste of treatments, independently of the reduction of NaCl in shoestring potatoes, demonstrating that the nucleotide in this food matrix had low capacity to intensify the perception of the salty taste. In shoestring potatoes with 25% RT NaCl, it is not feasible to use MSG at concentrations above 1.3% or GMP above 1.4% to reduce sodium content in shoestring potatoes, since at these concentrations there is no reduction in sodium content.

Rietberg, Rousseau, & Duizer (2012) explained that a high water rate and fat content or low emulsifier concentration could increase the probability of collisions between droplets and coalescence. This would facilitate the release of sodium during oral processing. The high water/fat rate also relieved the buccal coating by fat and, thus, increased the availability of sodium to the taste receptor cells.

3.1.3 Effect of flavor enhancers on the salty taste intensity of requeijão cheese with a reduction of sodium chloride

The perceptions curves of the salty taste intensity was similar, regardless of the concentration of flavor enhancer and the reduction of the NaCl and effective sodium reduction content. However, the effects of MAG, MSG, and GMP on salty taste intensity in requeijão cheese with low NaCl were different, regardless of the NaCl and flavor enhancer concentration tested (Figure 3).

The amount of sodium in the requeijão cheese from the addition of NaCl is low and, depending on the concentration of MSG or GMP added, the amount of sodium from the treatment may be higher than that from the control treatment (0.58% NaCl added to requeijão cheese). In these cases, the reduction of sodium content compared to control (Rc) is equal to or less than 0%, not being represented graphically. It was observed that for requeijão cheese with 75% RT NaCl, it is not feasible to use MSG at concentrations above 1.4% or GMP above 1.6%, as well as at 50% and 25% RT NaCl, concentrations of 1% MSG and 1.1% GMP, and 0.5% MSG and 0.6% GMP.

The requeijão cheese treatments with added MAG showed the highest salty taste intensity, independent of the reduction in NaCl content and the MAG concentration used. In all RT NaCl

concentrations tested, MAG presented salty taste intensity equal to or greater than the control treatment, except for the reduction of 100% NaCl, MAG presented approximately 90% STI_C, with a concentration of 1.3%. For the reductions of 75%, 50%, and 25% NaCl, the concentrations required for such intensity were 1%, 0.6%, and 0.25%, respectively.

Requeijão cheese, when MAG was added, showed a higher intensity of salty taste independent of RT NaCl, as well as throughout the concentration range of the flavor enhancer analyzed. Although requeijão cheese has high fat and protein content, it is a creamy food and has a greater area of contact with the taste receptor cells, so the salty taste is perceived more easily. In liquid and creamy foods, sodium is relatively mobile and more readily mixed with saliva than in solid foods.

In a study conducted by Lawrence et al. (2012), they found that for the cheese model with a higher sodium level, sodium release in the mouth increased with the moisture content of the cheese. This was attributed in part to the facilitated extraction of sodium from the matrix due to the high moisture content of the sample and the high salivation induced by high sodium concentration (Chabanet et al., 2013). Koliandris et al. (2008) suggested that fragile samples had larger surface areas after compression and released more sodium in a given period.

3.1.4 Effect of flavor enhancers on the salty taste intensity of beef burger with the reduction of sodium chloride

MAG presented the highest capacity to intensify the salty taste in beef burger with a reduction of NaCl because it requires low concentrations to intensify the salty taste. However, in a beef burger with 75%, 50%, and 25% RT NaCl, the addition of MAG in concentrations above 1.5% did not contribute to increasing the intensity of salty taste (Figure 4).

Treatments with 100%, 75%, 50%, and 25% RT NaCl and 2%, 1.4%, 0.45%, and 0.1% MAG obtained a salty taste intensity equal to 84%, 88%, 100%, and 100% of the salty taste intensity of the control treatment. Therefore MAG is a viable alternative for reducing sodium in beef burgers without compromising the perception of the salty taste.

The GMP treatments presented good performance up to 1%, and after that concentration the added treatments of MSG started to intensify the salty taste (Figure 4). In beef burger with 0% NaCl,

none of the flavor enhancers had a salty taste intensity greater than 100%, only the 2% MAG treatment showed approximately 90% STI_C. This result demonstrates that only MAG was effective in intensifying the perception of salty taste in the beef burger with a reduction of 100% of NaCl added. It was also observed that in a beef burger with 25% of RT NaCl when adding 0.6% of GMP or 1% of MSG, the salty taste was equal to that of the control treatment, but R_c was reduced from 25% to 13% and 3%, respectively, for GMP and MSG.

MAG and GMP showed a quadratic effect in the beef burger, thus, in the concentrations of 1% and 2%, the burger presented similar values of salty taste intensity for the whole reduction range of NaCl. The beef burger had a high concentration of fat and protein, and was consequently tortuous. Additionally, it is a portion of solid food that requires a greater force for the release of sodium and, thus, has a lower perception of the salty taste. For matrix nature, fat as a hydrophobic substance acts as a barrier against sodium migration, disfavoring its release (Hughes, Cofrades, & Troy, 1997).

Considering the availability of sodium in the oral cavity, fat was found to coat the surface of the tongue, thereby preventing taste bud access to sodium (Lynch, Liu, & Melaie 1993; Rietberg et al., 2012). Regarding perception, studies have shown that certain components of fat can sensitize taste cells, resulting in their greater response to sodium (Gilbertson, Liu, Kim, Burks, & Hansen, 2005). The presence of fat leads to the concentration of sodium in the aqueous phase and, thus, increases its gradient of local sodium concentration. The inconsistency between sodium release and the perception of salinity implies that the food matrix may play a significant role in the release of sodium and the perception of the salty taste.

4. CONCLUSION

The MAG showed a greater efficiency to intensify the salty taste in requeijão cheese and beef burger with a reduction of 25%, 50%, 75%, and 100% of NaCl and shoestring potatoes without the addition of NaCl. In shoestring potatoes with a reduction of 25%, 50%, and 75% of NaCl, MSG presented higher efficiency. Therefore, it was concluded that the ability of flavor enhancers to enhance salty taste depends not only on their own individual effect, but also on the food matrix and NaCl reduction.

This study may support future research on descriptive sensory analysis of salty taste and umami taste of these food matrices with reduced sodium content and flavor enhancers. Future studies could evaluate whether umami taste interferes with the salty taste of food matrices and how it interferes with descriptive tests.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Foundation for Support of Scientific and Technological Development of Minas Gerais (FAPEMIG, Brazil), the National Council for Technological and Scientific Development (CNPq, Brazil), the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Capes, Brazil), by granting our research grants and the financing of this project. We also thank AJINOMOTO® for the donations of flavor enhancer samples, CROQUES for the potatoes donations and NEWMAX for the donation of sodium tripolyphosphate. We would like to thank Editage (www.editage.com) for English language editing.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

R. A. R. R. and J.D.S.C. designed the study. R.A.R.R., L.C.R.R., M.N.R., assisted in running the experiments. R. A. R. R., R. A. R., A. P. L. R., L.C.R.R., and J. D. S. C. and assisted in analyzing data and contributed to the writing and editing of this manuscript.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Chabanet, C., Tarrega, A., Septier, C., Siret, F., & Salles, C. (2013). Fat and salt contents affect the in-mouth temporal sodium release and saltiness perception of chicken sausages. *Meat Science*, *94*(2), 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.023>
- Chaudhari, N., & Roper, S. D. (2010). The cell biology of taste. *Journal of Cell Biology*, *190*(3), 285–296. <https://doi.org/10.1083/jcb.201003144>

- Damáσιο, M. H., & Costell, E. (1991). Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. *Revista Agroquímica de Tecnología de Alimentos*, 3, 165–178.
- Harris, D. C. (2017). *Análise Química Quantitativa* (9th ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- He, F. J.; MacGregor, G. A. (2011). Salt reduction lowers cardiovascular risk: Meta-analysis of outcome trials. *The Lancet*, 378(9789), 380–382.
- Heymann, H., Machado, B., Torri, L., & Robinson, A. L. (2012). How many judges should one use for sensory descriptive analysis? *Journal of Sensory Studies*, 27(2), 111–122. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2012.00373.x>
- Jinap, S. ., Hajeb, P., Karim, R., Norliana, S., Yibadatihan, S., & Abdul-Kadir, R. (2016). Reduction of sodium content in spicy soups using monosodium glutamate. *Food and Nutrition Research*, 60, 1–7. <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.30463>
- Kurihara, K. (2015). Umami the Fifth Basic Taste: History of Studies on Receptor Mechanisms and Role as a Food Flavor. *BioMed Research International*, 2015, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2015/189402>
- Lutz, I. A. (2008). *1st Digital Edition*. (I. A. Lutz, Ed.), *Physical-chemical methods for food analysis* (1 Ed.). São Paulo.
- Maluly, H. D. B., Ariseto-Bragotto, A. P., & Reyes, F. G. R. (2017). Monosodium glutamate as a tool to reduce sodium in foodstuffs: Technological and safety aspects. *Food Science and Nutrition*, 5, 1039–1048. <https://doi.org/10.1002/fsn3.499>
- Mattar, T. V., Gonçalves, C. S., Pereira, R. C., Faria, M. A., de Souza, V. R., & Carneiro, J. de D. S. (2018). A shiitake mushroom extract as a viable alternative to NaCl for a reduction in sodium in beef burgers: A sensory perspective. *British Food Journal*, 120(6), 1366–1380. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2017-0265>
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2016). *Sensory evaluation techniques* (5th ed.). Florida: Boca Raton: CRC Press.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. (2016) *Response surface methodology - Process and Product Optimization Using Designed Experiments* (4th ed.). New Jersey: Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

- Rocha, R. A. R., Ribeiro, M. N., Silva, G. A., Rocha, L. C. R., Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A., & Carneiro, J. D. S. (2020). Temporal profile of flavor enhancers MAG, MSG, GMP, and IMP, and their ability to enhance salty taste, in different reductions of sodium chloride. *Journal of Food Science*, *00*, 1–11. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15121>
- Rodrigues, D. M., de Souza, V. R., Mendes, J. F., Nunes, C. A., & Pinheiro, A. C. M. (2016). Microparticulated salts mix: An alternative to reducing sodium in shoestring potatoes. *LWT - Food Science and Technology*, *69*, 390–399. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.056>
- Tian, X., & Fisk, I. D. (2012). Salt release from potato crisps. *Food and Function*, *3*, 376–380. <https://doi.org/10.1039/c2fo10282j>
- Wakeling, I. N., & Macfie, H. J. H. (1995). *Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. Food Quality and Preference* (Vol. 6).
- World Health Organization. (2013). Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases. *World Health*, *23*. <https://doi.org/ISBN 978 92 4 150623 6>
- Yamaguchi, S. ., & Takahashi, C. (1984). Interactions of Monosodium Glutamate and Sodium Chloride on Saltiness and Palatability of a Clear Soup. *Journal of Food Science*, *49*, 82–85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb13675.x>
- Yamaguchi, S., & Akimitsu, K. (1979). Psychometric studies on the taste of monosodium glutamate. *Glutamic Acid: Advances in Biochemistry and Physiology*, 35–54.
- Zhang, F., Klebansky, B., Fine, R. M., Xu, H., Pronin, A., Liu, H., ... Li, X. (2008). Molecular mechanism for the umami taste synergism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(52), 20930–20934. <https://doi.org/10.1073/pnas.0810174106>

TABLE CAPTIONS

Tables

Table 1. Central composite rotational design (CCRD) matrix with factors and levels (coded) used to evaluate the intensity of salty taste in different food matrices.

Experimental units	Factors of the experiment	
	$x_1 =$ % RT NaCl ¹ in food matrices	$x_2 =$ % of flavor enhancers added in the food matrix
1	-1	-1
2	-1	1
3	1	-1
4	1	1
5	-1.41	0
6	1.41	0
7	0	-1.41
8	0	1.41
9	0	0
10	0	0
11	0	0

¹RT NaCl: % content reduction NaCl.

Table 2. Trials used in each food matrix experiment¹ with the addition of flavor enhancers.

Experimental units	RT NaCl ² in food matrices (%)	Shoestring potatoes added NaCl content (g/100g)	Requeijão Cheese added NaCl content (g/100g)	Beef burger added NaCl content (g/100g)	Concentration of flavor enhancer ³ (g/100g)
1	14.54	1.37	0.49	1.20	0.29
2	14.54	1.37	0.49	1.20	1.71
3	85.46	0.23	0.08	0.20	0.29
4	85.46	0.23	0.08	0.20	1.70
5	0	1.60	0.58	1.40	1
6	100	0	0	0	1
7	50	0.80	0.28	0.70	0
8	50	0.80	0.28	0.70	2
9	50	0.80	0.28	0.70	1
10	50	0.80	0.28	0.70	1
11	50	0.80	0.28	0.70	1

¹ Each food matrices totaled four experiments of 11 trials each, one experiment with each flavor enhancer.

² RT NaCl: % content reduction NaCl.

³ The MAG, MSG, GMP and IMP flavor enhancers were tested in each of the food matrices in isolation, homogenized with the matrix and NaCl.

MAG (monoammonium glutamate), MSG (monosodium glutamate), GMP (disodium guanylate), IMP (disodium inosinate).

Table 3. Second-order polynomial response surface models adjusted for the intensity of salty taste for each of the food matrices.

	Food Matrix	Flavor enhancer ¹	Adjusted models ²	R ²	p-value
1	Shoestring potatoes	MAG	$y = 4.85 + (1.83 * x_1) + (0.76 * x_2)$	0.98	<0.001
2		MSG	$y = 5.65 + (1.90 * x_1) - (0.70 * x_1^2) + (0.81 * x_2)$	0.97	<0.001
3		GMP	$y = 4.99 + (2.15 * x_1) + (0.44 * x_2)$	0.98	<0.001
4		IMP	- ³	-	-
5	Requeijão Cheese	MAG	$y = 6.17 + (1.57 * x_1) + (1.54 * x_2) - (0.61 * x_2^2)$	0.99	<0.001
6		MSG	$y = 5.10 + (1.82 * x_1) + (1.34 * x_2)$	0.95	<0.001
7		GMP	$y = 5.87 + (1.27 * x_1) + (1.16 * x_2)$	0.90	<0.001
8		IMP	-	-	-
9	Beef	MAG	$y = 5.47 + (2.38 * x_1) - (0.87 * x_1^2) + (1.04 * x_2) - (0.69 * x_2^2)$	0.99	<0.001
10	Burgers	MSG	$y = 4.07 + (2.62 * x_1) + (1.26 * x_2)$	0.91	<0.001
11		GMP	$y = 5.43 + (2.27 * x_1) - (1.01 * x_2^2)$	0.93	<0.001
12		IMP	-	-	-

¹ MSG: monosodium glutamate, GMP: disodium guanylate, MAG: monoammonium glutamate.

² x_1 : % of reduction NaCl to the food matrix and x_2 : % of flavor enhancer.

³ The models of IMP are only illustrative since they did not present significant effect as the intensity of salty taste.

FIGURE CAPTIONS

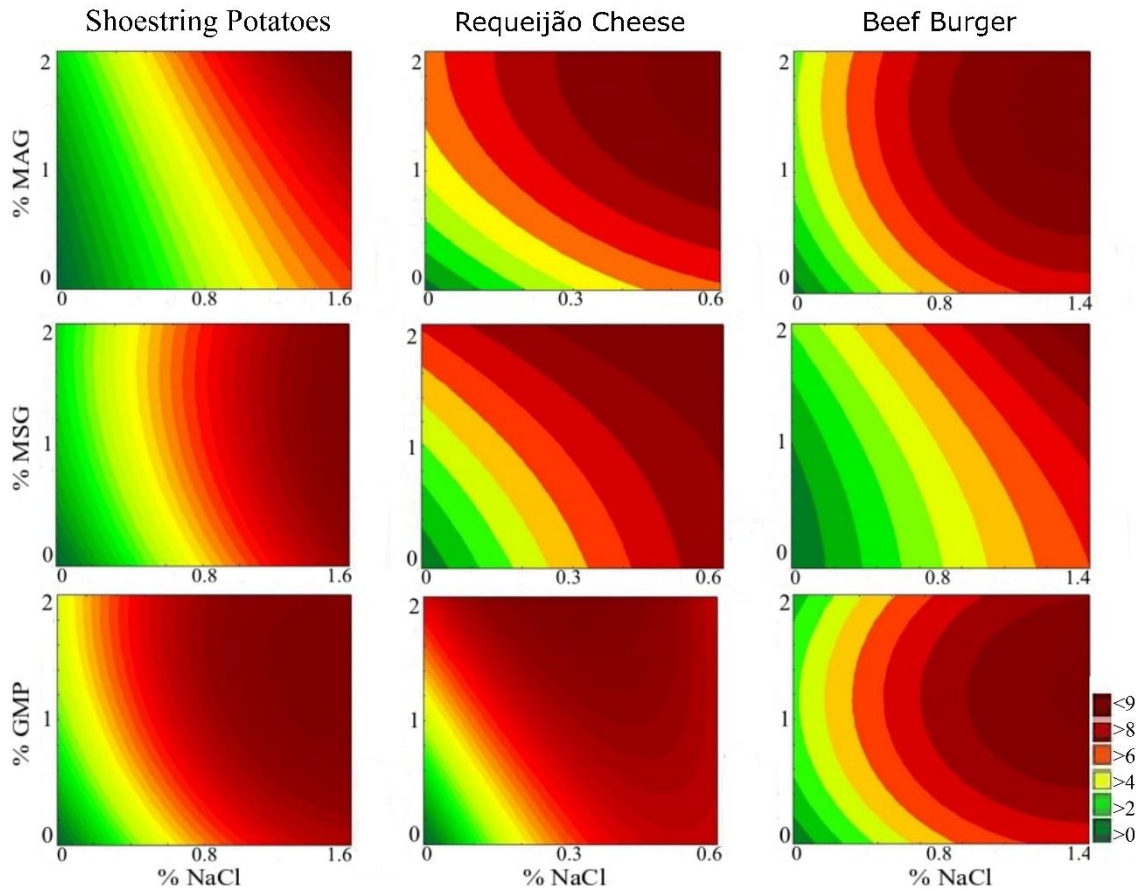


Figure 1. Contour graphs using the concentrations of MAG, MSG, and GMP and the total NaCl content in shoestring potatoes, requeijão cheese, and beef burger were obtained by polynomial equations as a function of the intensity of salty taste.

MAG (monoammonium glutamate), MSG (monosodium glutamate), GMP (disodium guanylate).

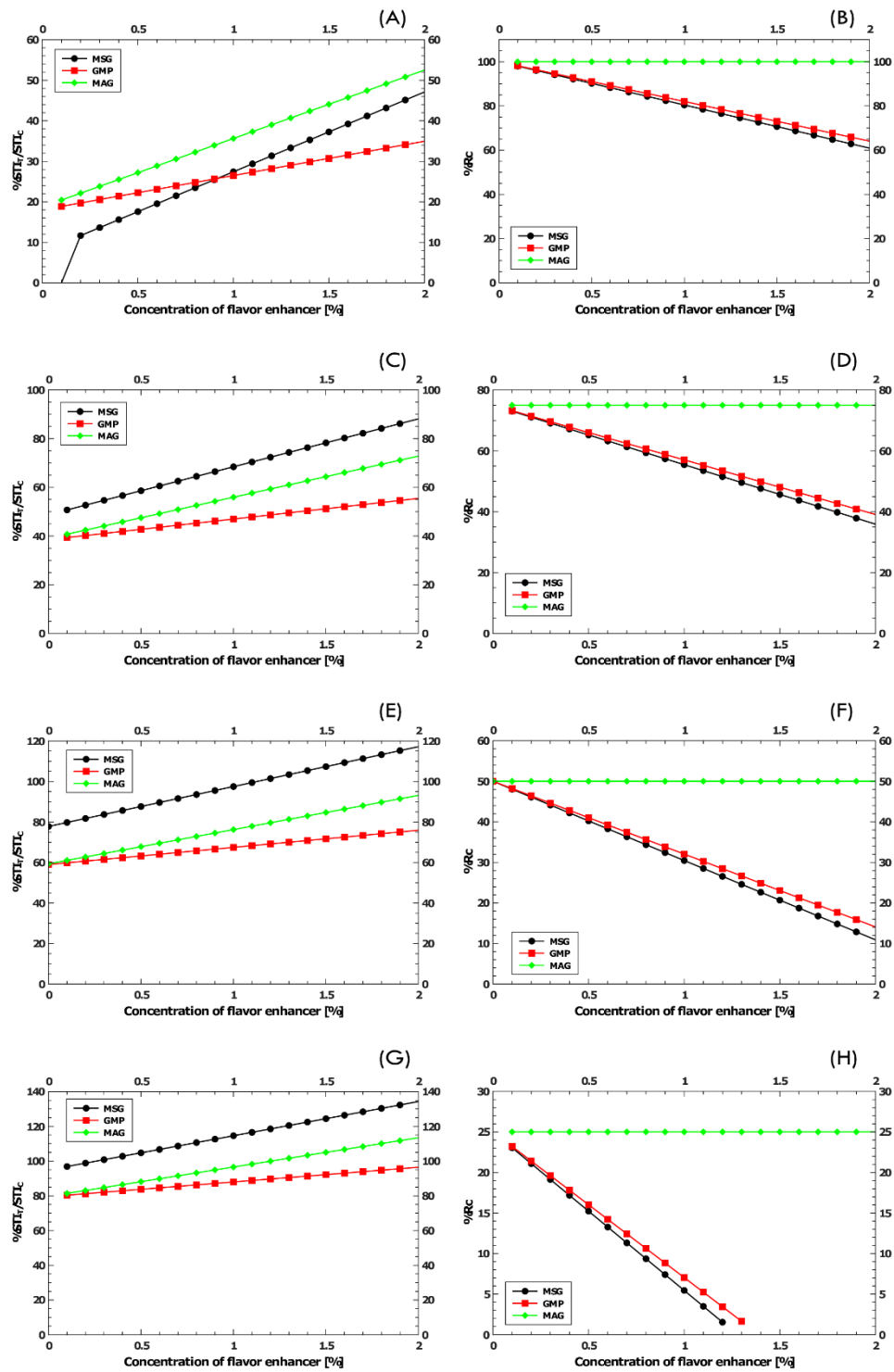


Figure 2. STI_T / STI_C and effective sodium reduction (%Rc) in shoestring potatoes added in flavor enhancer (MAG, MSG and GMP)², with 100% RT NaCl³ (A and B), with 75% RT NaCl (C and D), 50% RT NaCl (E and F), and 25% RT NaCl (G and H). ¹ STI_T : Salty taste intensity of the treatments. STI_C : Salty taste intensity of the control treatment. ² MAG (monoammonium glutamate), MSG (monosodium glutamate), GMP (disodium guanylate). ³ RT NaCl: % content reduction NaCl.

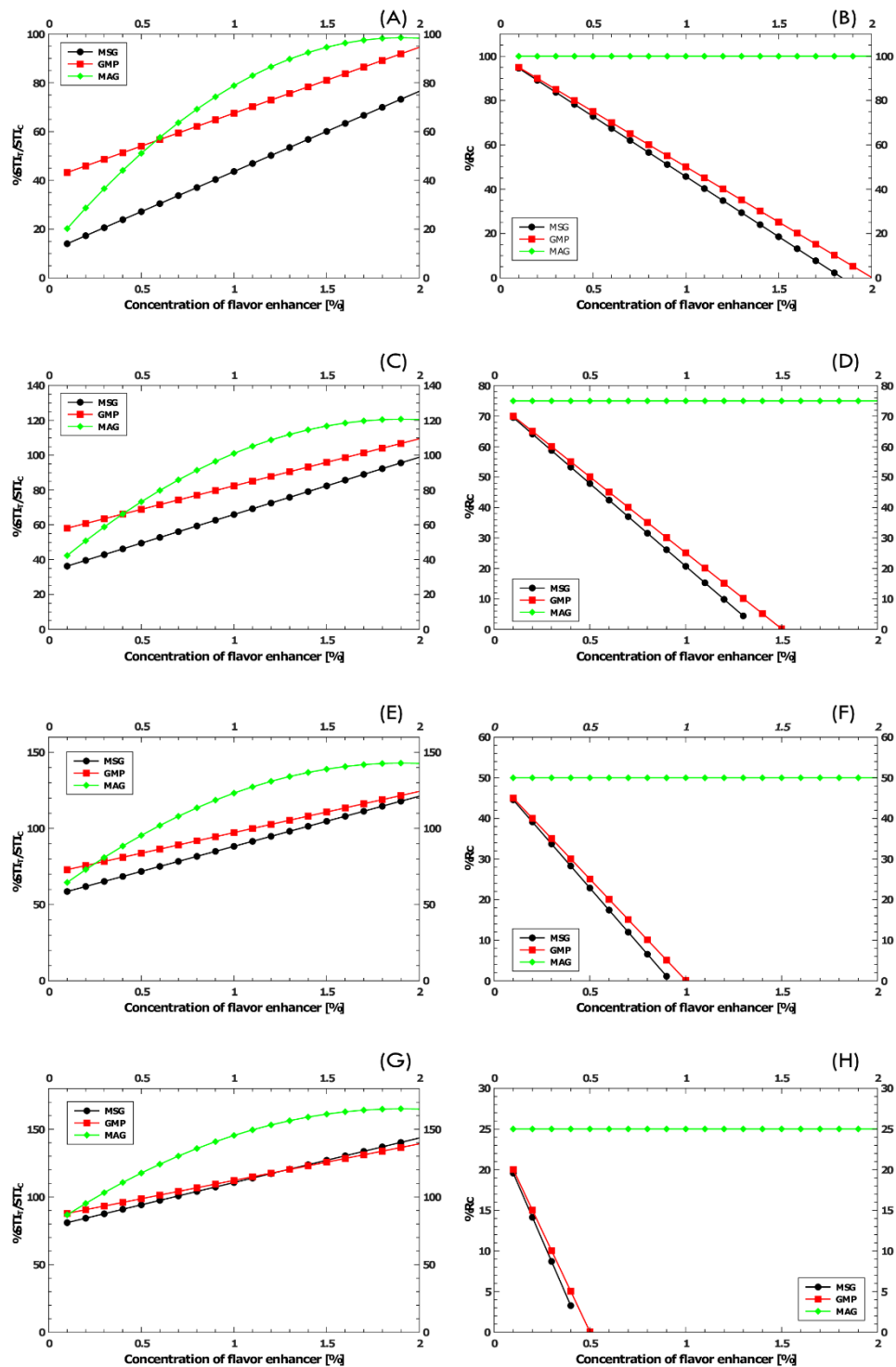


Figure 3. STI_T / STI_C and effective sodium reduction (%Rc) in requeijão cheese added in flavor enhancer (MAG, MSG and GMP)², with 100% RT NaCl³ (A and B), with 75% RT NaCl (C and D), 50% RT NaCl (E and F), and 25% RT NaCl (G and H). ¹ STI_T : Salty taste intensity of the treatments. STI_C : Salty taste intensity of the control treatment. ² MAG (monoammonium glutamate), MSG (monosodium glutamate), GMP (disodium guanylate). ³ RT NaCl: % content reduction NaCl.

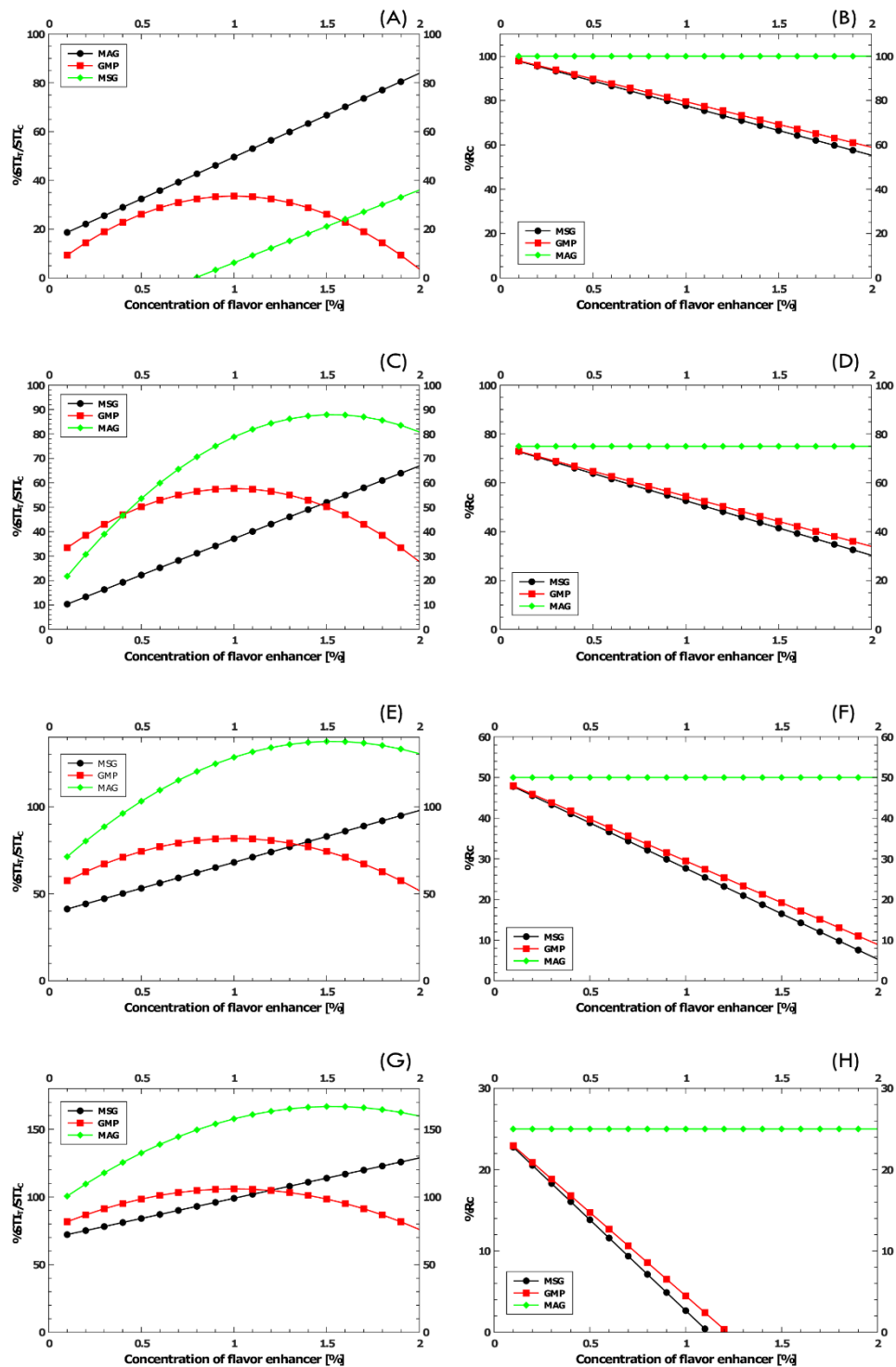


Figure 4. STI_T / STI_C and effective sodium reduction (%Rc) in beef burgers added in flavor enhancer (MAG, MSG and GMP)², with 100% RT NaCl³ (A and B), with 75% RT NaCl (C and D), 50% RT NaCl (E and F), and 25% RT NaCl (G and H). ¹ STI_T : Salty taste intensity of the treatments. STI_C : Salty taste intensity of the control treatment. ² MAG (monoammonium glutamate), MSG (monosodium glutamate), GMP (disodium guanylate). ³ RT NaCl: % content reduction NaCl.

**ARTIGO 2 - MONOAMMONIUM GLUTAMATE: WHAT IS ITS POTENTIAL IN THE
REDUCING OF SODIUM CONTENT IN DIFFERENT FOOD MATRICES?**

Renata Abadia Reis Rocha¹, Lenízy Cristina Reis Rocha², Carla Saraiva Gonçalves³, Fernanda
Rezende Abrahão⁴, Roney Alves da Rocha⁵, João de Deus Souza Carneiro⁶.

¹Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: renata.ufvcrp@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2854-6772

²Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: lenizyr@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6066-7163

³Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil E-mail: carla_ufla@yahoo.com.br , ORCID: 0000-0002-8176-6299

⁴Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: fr_abrahao@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-2718-6573

⁵Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: roney.rocha@ufla.br, ORCID: 0000-0002-2396-4318

⁶Department of Food Science, Federal University of Lavras, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. E-mail: joaodedeus@ufla.br, ORCID: 0000-0003-4060-5891

*Corresponding author: João de Deus Souza Carneiro, Department of Food Science, Federal University of Lavras - UFLA, s/n, PO Box 3037, Zip: 37200-000, Lavras, MG, Brazil. Fone: 55 35 38291013. E-mail: joaodedeus@ufla.br

Submitted article in the Journal of Food Science

ISSN:1750-3841 - Impact factor:3.167

Abstract

The increase in the perception of salty taste through the use of monoammonium glutamate (MAG) is a promising strategy to reduce the amount of sodium chloride (NaCl) in foods. However, with the effect of the complex nature of the food matrix on the perception of salty taste, it becomes more difficult to control this detection when developing food products. Thus, the aim of this study was to evaluate the potential of using MAG to reduce the NaCl content in different food matrices. Three food matrices were selected, with three different formulations for each matrix: shoestring potatoes - P0: 0% reduction of NaCl content (RT NaCl), P40: 40% RT NaCl + 2% MAG, P50: 50% RT NaCl + 2% MAG, requeijão cheese - R0: 0% RT NaCl, R50: 50% RT NaCl + 2% MAG, R90: 90% RT NaCl + 2% MAG and beef burger - B0: 0% RT NaCl, B50: 50% RT NaCl + 2% MAG, B65: 65% RT NaCl + 2% MAG. The samples were evaluated by time-intensity analysis (TI), temporal dominance of sensations (TDS) and acceptance test. It was observed by the TI that all experimental units had mean salty taste intensity equal to or greater than the control. In the TDS, it was observed that samples of shoestring potatoes and requeijão cheese presented a similar temporal profile to the control. In the acceptance analysis, only the requeijão cheese samples showed means significantly lower than the control. The food matrices have shown an influence on the potential use of MAG and on the reduction of the sodium chloride content. With the addition of 2% MAG in the formulation, it is possible to reduce the NaCl content by up to 50% in shoestring potatoes and up to 65% in beef burgers, without compromising the temporal perception of salty taste and sensory acceptance.

Keywords: umami taste; shoestring potatoes; requeijão cheese; beef burger.

1. Introduction

Sodium chloride (NaCl) is the main source of sodium in the human diet, with processed foods being its main source (Halim et al., 2020; Kim et al., 2018). The average consumption of sodium by the world population was estimated at 3.95 g/day, ranging from 2.18 to 5.51 g/day (Micha et al., 2017). Considering the world average consumption of sodium with the value recommended by the World Health Organization, which is 2 g/day (Who, 2012), it is observed that the world population is consuming too much sodium. It is known that high levels of sodium intake in the diet increase the occurrence of chronic noncommunicable diseases such as hypertension and cardiovascular diseases, in addition to other complications such as kidney chronic disease, obesity and liver diseases (Costa et al., 2019; Dugat-Bony et al., 2019; Graudal et al., 2011; *Who*, 2021). For representing a public health problem, national and international health institutions and the food industry have invested in actions aimed at reducing the sodium content in various products.

However, reducing the sodium content in foods presents several challenges. Technically, among other functions, NaCl reduces the values of water activity and therefore helps to maintain stability and inhibit the growth of microorganisms (Costa et al., 2019; Hu et al., 2020). Economically, sodium, in the form of NaCl, is a low-cost ingredient, generally cheaper than any substitute. Furthermore, the sensory aspects present the biggest challenge, especially because NaCl gives a salty taste, suppresses bitterness, increases palatability and enhances food flavors (Kongstad & Giacalone, 2020; Liem et al., 2011) and thus, any substantial reduction in sodium content may result in lower consumer acceptance.

One of the alternatives to reduce the sodium content in foods is the use of flavor enhancers, enabling the reduction of NaCl concentration without decreasing the palatability and intensity of the salty taste of foods (Rocha et al., 2020). Flavor enhancers are substances found naturally in some foods and being characterized by the presence of the amino acid glutamate or nucleoside inosinate and guanylate (Chaudhari & Roper, 2010; Kurihara, 2015). In addition, they are recognized as generally safe substances (GRAS) by the Food and Drug Administration (FDA) (Fda, 2006; 2019).

Flavor enhancers are food additives, working to adjust and improve the flavor of sweet and savory foods (Maluly et al., 2017). Commonly, flavor enhancers are found in savory foods such as meat products, instant soups, pies, frozen foods, pre-cooked rice, sauces, shoestring potatoes, snacks and

powdered seasonings (Jinap & Hajeb, 2010). Although they are widely applied to reduce the sodium content in foods, such additives may have sodium in their composition (Türkoğlu, 2015). This results in a lower NaCl reduction than desired, as the enhancer is also contributing to the increase in sodium in foods. Monoammonium glutamate (MAG) is an alternative to overcome this problem, as it does not have sodium in its chemical structure (SpectraBase, 2021).

MAG alters the sensory profile of foods through the umami taste, without any sodium input (Türkoğlu, 2015). It is a technological solution developed by the company Ajinomoto for formulations with extreme sodium restriction (Ajinomoto, 2016). In addition, MAG masks unwanted aftertastes such as those resulting from NaCl substitute salts. Although this compound has application in foods, few scientific information about its effects in foods regarding the intensification of salty taste and reduction of the NaCl content was found, as well as the ability to intensify the salty taste in different food matrices with a reduction in the concentration of NaCl added.

Increasing the perception of salty taste through the use of flavor enhancers such as MAG is a promising strategy for reducing the amount of sodium in foods. However, the ability to intensify the salty taste of flavor enhancers depends not only on their own individual effect, but also on the food matrix and the reduction in NaCl content (Rocha et al., 2021). Thus, controlling the perception of flavors and tastes, especially salty taste, can be difficult in product development, due to the complexity of the food matrix (Gaudette & Pietrasik, 2017). The interaction of sodium with the components of the food matrix seems to be the key in the perception of salty taste in food (Busch et al., 2013; Kuo & Lee, 2014).

Water, proteins and fats are some of the main components of food, and each component has a different role in the perception of sodium. In turn, the mechanism of the perception of salty taste is not yet foolishly elucidated and the relationships between matrix properties, sodium release and salty taste perception are not yet well understood. There are several studies with contradictory results that indicate a single component of the food matrix can contribute in several ways to the perception of salty taste (Rios-Mera et al., 2021).

Contemplating food matrices with different compositions, for this study, widely consumed foods were chosen, which are the focus of reducing the sodium content in Brazil and in the world. Thus, the objective of this work was to evaluate the potential use of MAG in the reduction of the NaCl content

in food matrices (shoestring potatoes, requeijão cheese and beef hamburger) through temporal profile (TI and TDS) and affective tests.

2. Material and Methods

2.1. Material

Monoammonium glutamate, (AJINOMOTO, São Paulo / SP, Brazil), NaCl (Vetec, Duque de Caxias / RJ, Brazil), sodium tripolyphosphate (New Max, Americana / SP, Brazil), shoestring potatoes without the addition of NaCl (Croques, São João Del Rei / MG, Brazil) and requeijão cheese without the addition of NaCl (Vimilk, Perdões / MG, Brazil). The requeijão mass was obtained by the method of acidification by lactic acid, using tetrasodium pyrophosphate, sodium polyphosphate and potassium sorbate as preservative. The lard, ground beef (knuckle), and condiments were purchased from the local market of Lavras, Minas Gerais, Brazil.

2.2. Preparation of the food matrices

The samples of shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger were evaluated with different levels of reduction of NaCl content and with or without the addition of 2% MAG (Table 1). The MAG concentrations and the percentages of reduction in the NaCl content were defined according to the study by Rocha et al. (2021). The concentration of 2% of MAG was used because it was the concentration that provided the greatest intensity of salty taste in the samples. Thus, two reductions in the content of NaCl per matrix were also defined, being a maximum reduction (greater reduction in the content of NaCl in which the perception of salty taste was similar to the control) and another reduction with 50% of the NaCl content.

Shoestring potatoes and requeijão cheese samples were purchased directly from the industry but without the addition of NaCl. The beef burger formulations were prepared according to the proposed method by Mattar et al. (2018). Shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger samples were added with NaCl and MAG, according to the quantity defined for each experimental unit.

2.2.1. Salting preparation of food matrices

For the salting of the potatoes samples, NaCl and MAG were uniformly sieved over the shoestring potatoes, which were distributed in a tray. The samples were placed in a sterile plastic bag and manually mixed for 5 min. To control the NaCl content of each treatment, the plastic bag with the remaining NaCl/MAG was weighed after sample removal. If the salt/flavor enhancer weighed (retained in the package) more than 5% of the amount added, the salting process was redone (Rodrigues et al, 2016).

NaCl and MAG were sprayed over the queijo cheese for the salting of the product. For the completely homogenization of the matrix, a mixer (Walita RI13643) was used for 5 minutes. The salting of beef burgers was carried out in the product processing according to the methods of Mattar et al. (2018). NaCl and MAG were manually mixed with meat and other ingredients for 5 minutes to ensure that the final mass was completely homogeneous.

2.3. Sensorial analysis

This study was reviewed and approved by the Ethics Committee of the Federal University of Lavras (CAAE: 44635815.2.0000.5148). The tests were performed at the Sensory Analysis Laboratory of the Food Science Department at the Federal University of Lavras (Lavras / MG, Brazil). Sensory analysis was conducted according to the International Organization for Standardization (ISO 8589, 2012) in the Laboratory of Sensory Analysis in the Department of Food Science at the Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais, Brazil) in individual booths with white light and temperature maintained at 25 °C. The presentation of the samples was carried out according to Wakeling & Macfie (1995).

To assess the temporal perception of the consumers and their affective perception, tests of time-intensity (TI), temporal dominance of sensations (TDS) and acceptance were performed. In the evaluation between one sample and another, an interval of 60 seconds was applied between all the evaluations. During this interval, the tasters were instructed to rinse their mouths with 5% lemon juice (Tian & Fisk, 2012) followed by drinking water to cleanse the taste between samples and to avoid sensory fatigue.

2.3.1. Temporal analysis

2.3.1.1. Recruitment, selection, and training of the sensory panel.

Forty consumers (60% women, 40% men, 18-40 years) were randomly recruited at the Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais, Brazil), identified as consumers of shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger and who had no restrictions on consumption of these products. The selection of the panelist was carried out in two stages. In the first stage, the identification of the basic tastes was carried out in accordance with the International Organization for Standardization (ISO 8586, 2012). To be selected for this stage, the panelists were required to get at least 60% of the answers correct and recognize at least one solution for each basic taste.

In the second stage, the discriminatory capacity of the panelists selected in the first stage was evaluated, using a triangular test (Meilgaard et al., 2016), using 1% saline solution and 1.25% w/w saline solution. The results were evaluated using Wald's sequential analysis (Amerine et al., 1965). According to the ability to identify basic tastes and the discrimination of the samples, 17 panelists were selected (65% women, 35% men, 18-40 years). All panelists were chosen to participate according to their ability to discriminate ($p < 0.30$) and repeatability ($p > 0.05$), while an individual consensus was also considered (Souza et al., 2013).

The training of the sensorial panel was performed according to Rocha et al. (2020). Initially, the panelists were familiarized with the software SensoMaker (version 1.91, UFLA, Lavras / MG, Brazil) (Nunes & Pinheiro, 2014) in three sessions, each lasting one hour. The training consisted of how to evaluate the samples, the use of the scale and the use of the program. The performance of the panelists was evaluated based on the visual analysis of the TI and TDS curves for the ability to replicate a time-curve of the same solution ($p_{\text{repetition}} > 0.05$) and for the ability to discriminate two different solutions ($p_{\text{sample}} < 0.30$).

2.3.1.2. TI analysis

The panel members assessed the intensity of salty and umami taste of the food matrices. The panelists were instructed to place the sample (10 g) in the mouth and to evaluate the intensity of the stimulus, clicking on the left end of the unstructured horizontal scale (corresponding to no sensation)

when placing the product in the mouth. Then, they were asked to move the cursor along the scale as the sensation progressed in the mouth until the end of perception (40 s) (Lee & Pangborn, 1986). TI was performed in three replicates per sample and evaluated using three samples in which section. The sessions of TI for each matrix/ taste totaled three sessions, with two sessions per day. Eighteen sections were needed to evaluate the salty taste and umami taste of the food matrices.

The individual data of TI analysis, I_{max} (maximum stimulus intensity), $TI_{5\%}$ (time when intensity is equal to 5% of I_{max} in the growing part of the curve), $TI_{90\%}$ (time when intensity is equal to 90% of I_{max} on the rising part of the curve), $TD_{5\%}$ (time when the intensity is equal to 5% of I_{max} on the decreasing part of the curve), $TD_{90\%}$ (time when the intensity is equal to 90% of I_{max} on the decreasing part of the curve), plateau (time interval when intensity is $>90\%$ of I_{max}), and area (area under the curve) were calculated using SensoMaker sensory software (Nunes & Pinheiro, 2014). The mean values of these data were calculated based on the individual data provided by each panel member.

The results of these parameters for salty taste were analyzed using ANOVA (sources of variation: sample, panelist, and sample interaction x panelist) and Dunnett's Test ($p < 0.05$). The results of the parameters for umami taste were analyzed by ANOVA and comparison of Tukey means ($p < 0.05$). SensoMaker software was also used for these analyses. To compare the results obtained in the TI analysis for salty taste, the principal component analysis (PCA) was also applied to the parameters. In this case, the data were arranged in a matrix of i rows (samples) and j columns (parameters). Data analyzes were performed using SAS software (SAS, 2014).

2.3.1.3. Analysis of TDS

The attributes evaluated in the test for shoestring potatoes were: salty taste, umami taste and french fries taste. The attributes for requeijão cheese were: salty taste, umami taste, bitter taste, requeijão cheese taste, oleogustus, metallic taste, ammonia taste. For the beef burger, the attributes evaluated were: salty taste, umami taste, grilled taste, meat flavor, oleogustus and ammonia flavor. All attributes were determined using the focus group method (Morgan, 1997).

The panelists were requested to place the entire sample (10 g) in the mouth and to select the dominant attribute over 40 s, with the delay time of 2 s. To avoid any misunderstanding, it was explained

that the dominant flavor is the attribute that is perceived with greater clarity than the other attributes. Besides that, at each time the perception changed, whether in intensity or quality, it could score a new dominant attribute, until the perception ended (Pineau et al., 2012). During the testing of a sample, the panelists were free to select an attribute multiple times. TDS was performed in three replicates per sample and evaluated using three samples per section. Two sections/day were performed, requiring three sections for each matrix.

TDS curves were calculated according to the methodology described by Pineau et al. (2009) using the Sensomaker software (Nunes & Pinheiro, 2014). The lines of “chance level” and “level of significance” were plotted on the graphical display. The “chance level” line represents the dominance rate that an attribute can evoke at random. Its value, P_0 , is equal to $1 / p$, where p is the number of attributes. The “level of significance” line, on the other hand, is the minimum value the rate needs to be considered significant. This was calculated using the confidence interval of a binomial proportion based on a normal approximation.

$$P_s = P_0 + 1,645 \sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}} \quad (1)$$

where P_s , represents the lowest value of significant proportion ($\alpha = 0.05$) at any point in time for a TDS curve, and n represents the number per replication.

To compare the results obtained in the TDS evaluations, the principal component analysis (PCA) were also plotted, one for each food matrix. In this case, only the maximum dominance rate parameter was used, in which a matrix of i lines (samples) and j columns (attributes) for each sensation evaluated were considered, in order to evaluate the temporal description of the samples. Data were converted to a correlation matrix, and PCA was performed using SAS software (SAS, 2014).

2.3.2. The acceptance test

120 consumers of shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger, aged between 18 and 50 years (55% women and 45% men) participated in the acceptance tests. These consumers were randomly recruited at the Federal University of Lavras (Lavras / MG, Brazil). The tests with consumers

were carried out in a single session for each food matrix, being necessary to be carried out in three different sessions.

The untrained panelists were instructed to evaluate the samples (10 g) for its acceptance using a nine-point hedonic scale, where 9 corresponds to the hedonic term “I really liked it” and 1 to the hedonic term “I extremely disliked” (Meilgaard et al., 2016; Stone et al., 2012).

The acceptance test data were evaluated by ANOVA (sources of variation: sample, panelist, and sample interaction x panelist) and Dunnett's Test ($p < 0.05$), in SensMaker software (Nunes & Pinheiro, 2014). Graphical analysis was performed using the QtiPlot software (<https://www.qtiplot.com/index.html>).

3. Results and discussion

3.1. TI analysis for salty taste

The TI curves obtained for the samples for which matrix are shown in Figure 1, representing the perception of the intensity of the salty taste over the tasting time for each matrix (shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger). Table 2 shows the values of I_{max} (maximum intensity of the perception of the salty taste) and area (area under the curve).

Through the curves obtained by the TI analysis, it was confirmed that the temporal profiles of all matrices were similar in terms of the occurrence of the salty taste, but in different intensities and areas. The intensity of the salty taste of all experimental units of the studied food matrices was equal to or greater than the control ($p < 0.05$).

For the TI parameters of the potatoes samples, there were no significant differences ($p > 0.05$) between the samples with the content of NaCl reduced and the control. The TI curves of samples P40 and P50 showed a similar temporal perception to P0. Thus, MAG was efficient in reducing the content of NaCl of shoestring potatoes samples by up to 50%, without compromising both the temporal perception of salty taste and the perception of maximum intensity and duration of salty taste in the mouth.

There was a significant difference ($p < 0.05$) in the intensity of salty taste for the requeijão cheese samples. The R50 experimental unit showed a mean of the intensity of the salty taste higher than the

control, while R90 did not show any significant difference from the control. These results suggest that by adding 2% of MAG it is possible to reduce the NaCl content up to 90% in requeijão cheese and obtain a temporal perception of salty taste similar to the control.. The same trend was obtained by Rocha et al. (2020), which observed a greater perception of salty taste in aqueous solutions with content of sodium reduced added with MAG compared to the control solution (sample without sodium reduction and without addition of MAG).

The samples of beef burger showed a significant difference for the parameter area under the curve ($p < 0.05$) for salty taste. In relation to area, samples B50 and B65 had means significantly lower than the control mean, indicating that they had a shorter duration of the salty taste in the mouth than the control. Similar results were obtained by Rodrigues et al. (2014) in which the replacement of NaCl (25% and 50% of the reduction in sodium content) by KCl and monosodium glutamate (MSG) in salt and garlic seasoning resulted in lower means of the parameters of the salty TI curves compared to the control. The same was observed by de Souza et al. (2013) and Silva et al. (2014) in their experiments with reducing sodium content in butter and cream cheese.

The intensification of salty taste observed in samples with reduced NaCl content can be explained by the use of MAG and the complexity of the matrix. The interaction of sodium with the matrix components is one of the main factors involved in the perception of the salty taste. Thus, the moisture content of the food matrices is 6-8% for shoestring potatoes, 65% for requeijão cheese and 55% for beef burger. Considering the ratio of lipids/proteins of the matrices, was obtained a value of 6.5 (39.2/6) for shoestring potatoes, 2.2 (22/10) for the requeijão cheese and beef burger presents a relation of 1.5 (23/15). The potatoes have a higher fat content and a higher lipid/protein ratio, while requeijão cheese has a higher moisture content and beef burger has a higher protein content and a lower lipid/protein ratio.

Some authors suggest that fat has a positive effect on intensifying the salty taste. Phan et al. (2008) observed that the effect of fat was positive for sodium release, due to greater matrix fragmentation. Similarly, Kuo & Lee (2017) demonstrated that the salty taste intensity of a SLC model system (solid lipoprotein colloid food) was positively correlated with the initial salty taste rate in a temporal profile analysis.

Some studies indicated that water increases the perception of the salty taste in foods. This behavior was also corroborated by Phan et al. (2008) on cheeses, observing an increase in the release of sodium at the beginning of the chewing process (about 20 s), which may be a consequence of the release of water that carries sodium from the food structure.

These results can be corroborated by Boisard et al. (2013, 2014) who studied the effects of fat content in lipoprotein foods and found that the rate of sodium release in the mouth and salty taste perception increased with increasing fat/protein ratio. The same trend was observed by Chabanet et al. (2013) in chicken sausages, which found a significant effect of water in intensifying the salty taste.

For all samples evaluated, the salty taste was quickly perceived (increasing part of the curve) until it reached the plateau and then decreased. However, this decrease was progressive, being slower than the growing part of the curve. The fast perception of salty taste is due to the physiological mechanism involved in its perception, in which the ions responsible for the salty taste penetrate the taste buds of the tongue through ion channels (Chaudhari & Roper, 2010; Witt, 2019). The accumulation of positive ions inside the cell causes an electrochemical change called depolarization, which favors the entry of Ca^{2+} ions. Calcium, in turn, induces the cell to release neurotransmitters contained in the vesicles. Neurons receive the message and send the electrical signal to the brain. The taste cells will repolarize through the opening of potassium channels (Kim, Breslin, Reed & Drayna, 2004).

In addition, the phenomenon of salting out can occur, in which Na^+ ions increase the intensity of the salty taste by displacing and, eventually, facilitating the release of flavor compounds from the food matrix that help maintain the salty taste for a longer period of time (Witt, 2019).

For a better visualization of the comparison of the different food matrices, a PCA was performed based on the parameters obtained in the TI analysis (Figure 2). The two main components account for 66.47% and 31.43% of the variance, respectively, (97.9% in total). PCA reveals differences between food matrices, as the first component separates them into three groups. Through this separation, the shoestring potatoes samples formed a group, and the same happened for the requeijão cheese and beef burger samples. Thus, it was possible to group food matrices with reduced NaCl content added with MAG with their respective controls. It can also be observed that the samples of beef burger showed a greater variability of distribution within the sample space.

3.2. TI analysis for umami taste

The temporal perception curves of umami taste showed a similar temporal profile for the samples added with MAG (Figure 3). The difference in the concentration of NaCl did not influence the perception of the umami taste of the MAG. However, the temporal perception of umami taste was different for the different food matrices.

The samples of shoestring potatoes and beef birger added with 2% MAG, the maximum intensity means were around 4.0, while in the requeijão cheese, the samples added with 2% MAG, the presented means varied between 5.0 and 6.0, demonstrating that the umami taste was more accentuated on the palate. The same can be seen in the work by Rocha et al. (2020), in which the umami taste intensity was not influenced by the reduction in the NaCl content. Furthermore, it was observed by the authors that aqueous solutions with reduced NaCl content, added with 1% of MAG, presented umami taste intensity around 5.0 points in the intensity scale of 10.0 points. Similar results were also reported by Giovanni & Guinard (2001) using intensity profiles over time for MSG. They observed that either the 5 mM or 10 mM concentration solutions had umami taste intensity around 4.0 or 40%.

3.3. TDS analysis

In the TDS analysis, each curve represents a particular attribute of dominance over time. For the attribute to be dominant, it must present the dominance index above the “level of significance” line. The mean TDS curves (Figure 4) showed that the salty taste and the umami taste were the most dominant attributes in the matrix analyses.

Figure 4 shows the different rates and sequences of dominant attributes during tasting. The attribute “salty taste” was noticed at the beginning of the tasting in all samples, except for the samples of beef burger added with 2% MAG (B50 and B65). The attribute "umami taste" was perceived after 10 s of analysis in all samples added of 2% of MAG. These attributes also had the highest dominance rate among all analyzed attributes. Furthermore, it was observed that the dominance rate of the salty taste after swallowing decreased proportionally to the NaCl concentration.

In the shoestring potatoes samples (P40 and P50) the following sequence of appearance of dominant sensations in the oral cavity was verified: first salty and then umami sensations, while for P0

only salty taste was dominant. Thus, with the addition of MAG in the potatoes samples, there was only an increase in the umami taste in the temporal profile of these samples in relation to P0 (without the addition of MAG). The maximum salt taste dominance rate for P0 was 0.66 at 6.1 seconds of chewing, while for P40 the rate was 0.78 at 6.8 and for P50 it was 0.60 at 5.5 seconds. The maximum dominance rate of approximately 0.78 means that at most 78% of the panelists selected the salty taste as the dominant taste.

Similar results were obtained for the samples of requeijão cheese, where the addition of MAG only added the umami taste when compared to R0 (no MAG addition). The sequence of sensations verified for R0 was, respectively, the appearance of the salty taste followed by the requeijão flavor. For the samples added with 2% MAG (R50 and R90) there was an appearance of umami taste almost simultaneously with the salty taste. It is important to emphasize that the umami taste was the sensation with the highest maximum dominance rate, being also longer lasting than the other sensations, being perceived up to around 37 seconds of tasting. The maximum dominance rate for the umami taste for R50 was 44% at 12.7 seconds of chewing, while for R90 the rate was 41% at 15.5 seconds.

When adding MAG to beef burger samples with reduced NaCl content, it was observed that there was a change in the temporal dominance profile of the sensations in relation to B0 (without the addition of MAG). The samples of beef burger added with 2% MAG presented, in addition to the umami taste, the grilled flavor, which was not observed for B0. This flavor had a low dominance rate, while the umami taste had a brief perception, being short-lived on the palate. Furthermore, in these samples the salty taste was perceived after 20 seconds of analysis, previously it was perceived grilled taste, umami taste and meat flavor. B50 achieved the same maximum dominance rate (0.44) for salty taste as B0, but at a time of 25.9, while B0 achieved it in 19.5 seconds.

Regarding the salty taste in the samples of shoestring potatoes and requeijão cheese, similarities were observed in the mean TDS curves between the control and other samples, in which the salty taste was dominant only at the beginning of the curves. However, in samples of beef burger, some differences were observed in the temporal profile. For B0, the salty taste was dominant at the beginning of the curve, whereas for B50 it was dominant from half to the end of the curve, while for B65 it was dominant in the

middle of the curve of the consumption time. Overall, in all experimental units added with MAG, the umami taste dominated significantly above to the salty taste in the half to the end of the tasting time.

Similar results were found by Feltrin et al. (2015), Kawasaki et al. (2016) and Rodrigues et al. (2014) who analyzed through TDS, solutions with reduced NaCl content added with MSG. They observed that the salty taste is the first dominant attribute, followed by umami taste, for MSG and NaCl mixtures. The duration of umami and salty tastes increased in a concentration-dependent manner for MSG and NaCl, respectively.

According to Rocha et al. (2020), the temporal dominance profile of the sensations of aqueous solution added with MAG presented the ammonia aftertaste, in which the panelists did not appreciate and could not define with technical terms what this flavor would be. However, in the food matrices this intercurrent was not observed, probably due to the complex nature of the matrices, where the ammonia flavor was masked and did not present any perception during the tasting of the products.

To compare the results of the TDS curves, PCAs curves were plotted with the maximum dominance rates of the shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger samples (Figure 5). Through the exploratory analysis, it can be seen by the arrangement of the samples in the graph that there were differences between the samples. In the map for the potatoes samples, the first two components accounted for 58.11 and 41.89% of the observed variations, respectively. P0 was mainly described by the shoestring potatoes flavor attributes, while P40 was described by the salty taste and P50 was characterized by the umami taste attribute. These data corroborate the results obtained with the TI and TDS analyses, in which these samples showed similar temporal profiles.

The two main components account for 90% of the variance of the requeijão cheese samples. Along CP1 (62.63%), most of the observed variations occurred between R0 and the other samples. R0 was associated with salty taste, requeijão flavor and oleogustus. While R50 was characterized by a high rate of dominance of the bitter taste, metallic taste and also by umami taste. The same behavior was observed for R90, which was associated with the ammonia taste and umami taste. These sensations observed in R50 and R90, together with the umami taste, can lead to a lack of character and a depreciation of the product.

The two dimensions explain 100% of the variance of the beef burger samples. According to the first dimension, which explains 76.09% of the variance, B0 was characterized by the attributes salty taste, meat flavor and oleogustus, B50 was described as grilled taste, umami taste, ammonia flavor and also by salty taste, while B65 was mainly characterized by oleogustus. The burger samples presented more distinct descriptions due to the sampling arrangement in the vector space, which explains the different curve profiles obtained in the TDS.

3.4. Acceptance test

The addition of MAG in the shoestring potatoes and beef burger samples with reduced NaCl content showed a positive contribution to their acceptance. Affective scores ranged from slightly liked to moderately liked (Figure 6). These samples showed no significant difference ($p>0.05$) from the respective controls and presented acceptance scores ranging from 6.94 to 6.98 for potatoes samples and from 6.21 to 6.89 for beef burger samples.

However, for the requeijão cheese samples, the control obtained greater acceptance, with an average of 6.79. The lowest scores were given to samples R50 and R90, with means 4.15 and 3.53, respectively, which were significantly lower than the control ($p<0.05$). These data demonstrated that acceptance was negatively affected by the umami taste, which apparently did not please consumers when added to requeijão cheese. This low acceptance, probably, may have been influenced by this high intensity presented of this taste and having been persistent during the consumption time of the low sodium requeijão cheese samples.

Similar results were obtained by Buechler & Lee (2019) who evaluated the acceptance of french fries containing different amounts of NaCl and MSG or a mixture of disodium inosinate and disodium guanylate. NaCl content was reduced by 51% in french fries and obtained notes similar to the control. Silva et al. (2017) evaluated different cheese types with probiotics and low sodium content, and reported that none of the formulations added with yeast extract compromised product acceptance. Likewise, Mattar et al. (2018) evaluated beef burger with different levels of reduction in the NaCl content (25-75%) added with Shitake mushroom extract and found that it was possible to reduce 50% of NaCl and obtain a positive contribution to product acceptance.

The addition of MAG in shoestring potatoes and beef burger samples with a reduction in the NaCl content did not compromise the acceptance of these products, because the flavor enhancers intensify the perception and the salty taste. A possible explanation is the fact that these substances cause an increase in salivation and, consequently, facilitate the dissolution of food and the dissociation of sodium ions. In addition, contact with the ion channels of the membranes provides a chemical environment, favorable to the perception of salty taste and other flavors of food by taste cells (Maluly et al., 2017).

4. Conclusions

MAG showed potential use for shoestring potato and beef burger. With the addition of 2% of MAG in the formulation, it is possible to reduce the concentration of the NaCl added by up to 50% in shoestring potatoes and up to 65% in beef burgers, without compromising the temporal perception of salty taste and sensory acceptance. However, MAG did not show potential use to reduce the NaCl content in requeijão cheese, which the addition of 2% MAG resulted in a reduction of the sensory acceptance.

Acknowledgements

This work was supported by the Foundation for Support of Scientific and Technological Development of Minas Gerais (FAPEMIG, Brazil), the National Council for Technological and Scientific Development (CNPq, Brazil), and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Capes, Brazil), by granting our research grants and the financing of this project. We also thank AJINOMOTO® for the donations of flavor enhancer samples, CROQUES for the potatoes donations, and NEWMAX for the donation of sodium tripolyphosphate.

Author contributions

R.A.R.R. and J.D.S.C. designed the study. R.A.R.R., L.C.R.R., and M.N.R. assisted in running the experiments. R.A.R.R., R.A.R., C.S.G., F.R.A., L.C.R.R., and J.D.S.C. assisted in analyzing data and contributed to the writing and editing of this manuscript.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Ajinomoto. (2016). *AJI-NO-MOTO® MAG - Divisão Food Ingredients*. Food Ingredients Brasil. <https://pt.ajinomotofi.com.br/produtos/aji-no-moto-mag>
- Amerine, M. A., Pangborn, R. M., & Roessle, R. E. B. (1965). *Principles of sensory evaluation of food* (M. Anson, E. M. Mrak, & C. O. Chichester (eds.); 1st ed.). Academic Press.
- Boisard, L., Andriot, I., Arnould, C., Achilleos, C., Salles, C., & Guichard, E. (2013). Structure and composition of model cheeses influence sodium NMR mobility, kinetics of sodium release and sodium partition coefficients. *Food Chemistry*, *136*(2), 1070–1077.
- Boisard, L., Andriot, I., Martin, C., Septier, C., Boissard, V., Salles, C., & Guichard, E. (2014). The salt and lipid composition of model cheeses modifies in-mouth flavour release and perception related to the free sodium ion content. *Food Chemistry*, *145*(0), 437–44.
- Buechler, A. E., & Lee, S. Y. (2019). Consumer Acceptance of Reduced Sodium Potato Chips and Puffed Rice: How Does Ingredient Information and Education Influence Liking? *Journal of Food Science*, *84*(12), 3763–3773. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14907>
- Busch, J. L. H. C., Yong, F. Y. S., & Goh, S. M. (2013). Sodium reduction: Optimizing product composition and structure towards increasing saltiness perception. *Trends in Food Science & Technology*, *29*, 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.tifs>
- Chabanet, C., Tarrega, A., Septier, C., Siret, F., & Salles, C. (2013). Fat and salt contents affect the in-mouth temporal sodium release and saltiness perception of chicken sausages. *Meat Science*, *94*(2), 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.023>
- Chaudhari, N., & Roper, S. D. (2010). The cell biology of taste. *Journal of Cell Biology*, *190*(3), 285–296. <https://doi.org/10.1083/jcb.201003144>
- Costa, R. G. B., Caiafa Junior, A., da Cruz, A. G., Sobral, D., Costa Júnior, L. C. G., de Paula, J. C. J., Moreira, G. M. M., & Teodoro, V. A. M. (2019). Effect of partial replacement of sodium chloride with potassium chloride on the characteristics of Minas Padrão cheese. *International Dairy Journal*, *91*, 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.12.002>
- de Souza, V. R., Freire, T. V. M., Saraiva, C. G., Carneiro, J. D. S., Pinheiro, A. C. M., & Nunes, C. A. (2013). Salt equivalence and temporal dominance of sensations of different sodium chloride substitutes in butter. *Journal of Dairy Research*, *80*(3), 319–325. <https://doi.org/10.1017/S0022029913000204>
- Dugat-Bony, E., Bonnarme, P., Fraud, S., Catellote, J., Sarthou, A. S., Loux, V., Rué, O., Bel, N., Chuzeville, S., & Helinck, S. (2019). Effect of sodium chloride reduction or partial substitution with potassium chloride on the microbiological, biochemical and sensory characteristics of semi-hard and soft cheeses. *Food Research International*, *125*(May), 108643. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108643>
- Database of Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) Reviews*, (2006) (testimony of FDA).
- Food Additive Status List*, (2019) (testimony of FDA).
- Feltrin, A. C., De Souza, V. R., Saraiva, C. G., Nunes, C. A., & Pinheiro, A. C. M. (2015). Sensory study of different sodium chloride substitutes in aqueous solution. *International Journal of Food Science and Technology*, *50*(3), 730–735. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12670>
- Gaudette, N. J., & Pietrasik, Z. (2017). The sensory impact of salt replacers and flavor enhancer in reduced sodium processed meats is matrix dependent. *Journal of Sensory Studies*, *32*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/joss.12247>
- Giovanni, M., & Guinard, J.-X. (2001). TIME INTENSITY PROFILES OF FLAVOR POTENTIATORS (MSG, IMP, GMP). *Journal of Sensory Studies*, *16*, 407–423. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2001.tb00310.x>
- Graudal, N., Hubeck-Graudal, T., & Jurgens, G. (2011). *Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterol, and triglyceride* (

- Review*) (Issue 11). The Cochrane Collaboration.
- Halim, J., Bouzari, A., Felder, D., & Guinard, J. X. (2020). The Salt Flip: Sensory mitigation of salt (and sodium) reduction with monosodium glutamate (MSG) in “Better-for-You” foods. *Journal of Food Science*, 85(9), 2902–2914. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15354>
- Hu, Y., Zhang, L., Zhang, H., Wang, Y., Chen, Q., & Kong, B. (2020). Physicochemical properties and flavour profile of fermented dry sausages with a reduction of sodium chloride. *Lwt*, 124(January), 109061. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109061>
- ISO 8586. (2012). *ISO 8586: Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.*
- ISO8589. (2012). *ISO 8589:2012. Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms.*
- Jinap, S., & Hajeb, P. (2010). Glutamate. Its applications in food and contribution to health. *Appetite*, 55, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.05.002>
- Kawasaki, H., Sekizaki, Y., Hirota, M., Sekine-Hayakawa, Y., & Nonaka, M. (2016). Analysis of binary taste-taste interactions of MSG, lactic acid, and NaCl by temporal dominance of sensations. *Food Quality and Preference*, 52, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.010>
- Kim, U.-K., Breslin, P. A. S., Reed, D., & Drayna, D. (2004). Genetics of Human Taste Perception. *Journal of Dental Research*, 83(6), 448–453.
- Kim, G. D., Hur, S. J., Park, T. S., & Jin, S. K. (2018). Quality characteristics of fat-reduced emulsion-type pork sausage by partial substitution of sodium chloride with calcium chloride, potassium chloride and magnesium chloride. *LWT - Food Science and Technology*, 89(July 2017), 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.033>
- Kongstad, S., & Giacalone, D. (2020). Consumer perception of salt-reduced potato chips: Sensory strategies, effect of labeling and individual health orientation. *Food Quality and Preference*, 81(November 2019), 103856. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103856>
- Kuo, W.-Y., & Lee, Y. (2017). Descriptive and Temporal Saltiness Perception Properties of Model Solid Lipoproteic Colloid Foods—Implications for Sodium Reduction. *Journal of Food Science*, 82(7), 1702–1712. <https://doi.org/https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1111/1750-3841.13769>
- Kuo, W. Y., & Lee, Y. (2014). Effect of Food Matrix on Saltiness Perception—Implications for Sodium Reduction. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), 906–923. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12094>
- Kurihara, K. (2015). Umami the Fifth Basic Taste: History of Studies on Receptor Mechanisms and Role as a Food Flavor. *BioMed Research International*, 2015, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2015/189402>
- Lee, W. E. ., & Pangborn, R. M. (1986). Time–intensity: The temporal aspects of sensory perception. *Food Technology*, 40, 71–78.
- Liem, D. G., Miremadi, F., & Keast, R. S. J. (2011). Reducing sodium in foods: The effect on flavor. *Nutrients*, 3, 694–711. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu3060694>.
- Maluly, H. D. B., Ariseto-Bragotto, A. P., & Reyes, F. G. R. (2017). Monosodium glutamate as a tool to reduce sodium in foodstuffs: Technological and safety aspects. *Food Science and Nutrition*, 5, 1039–1048. <https://doi.org/10.1002/fsn3.499>
- Mattar, T. V., Gonçalves, C. S., Pereira, R. C., Faria, M. A., de Souza, V. R., & Carneiro, J. de D. S. (2018). A shiitake mushroom extract as a viable alternative to NaCl for a reduction in sodium in beef burgers: A sensory perspective. *British Food Journal*, 120(6), 1366–1380. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2017-0265>
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2016). *Sensory evaluation techniques* (5th ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Micha, R., Shulkin, M. L., Pe, J. L., Khatibzadeh, S., Singh, M., Rao, M., Fahimi, S., Powles, J., & Mozaffarian, D. (2017). Etiologic effects and optimal intakes of foods and nutrients for risk of cardiovascular diseases and diabetes : Systematic reviews and meta-analyses from the Nutrition and Chronic Diseases Expert Group (NutriCoDE). *Plos One*, 12(4), 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175149>
- Morgan, D. L. (1997). *Focus Groups as Qualitative Research* (2nd ed.). Newbury Park.
- Nunes, A. C., & Pinheiro, A. C. M. (2014). *SensoMaker, version 1.7* (p. 35 p.). Universidade Federal

- de Lavras.
- Phan, V. A., Yven, C., Lawrence, G., Chabanet C., Reparet, J. M., & Salles, C. (2008). In vivo sodium release related to salty perception during eating model cheeses of different textures. *International Dairy Journal*, 18(9), 956–963. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.03.015>
- Pineau, N., de Bouillé, A. G., Lepage, M., Lenfant, F., Schlich, P., Martin, N., & Rytz, A. (2012). Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? *Food Quality and Preference*, 26, 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.04.004>
- Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., Rogeaux, M., Etiévant, P., & Köster, E. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity. *Food Quality and Preference*, 20(6), 450–455. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.005>
- Rocha, R. A. R., Ribeiro, M. N., Silva, G. A., Rocha, L. C. R., Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A., & Carneiro, J. D. S. (2020). Temporal profile of flavor enhancers MAG, MSG, GMP, and IMP, and their ability to enhance salty taste, in different reductions of sodium chloride. *Journal of Food Science*, 00(0), 1–11. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15121>
- Rocha, R. A. R., Rocha, L. C. R., Ribeiro, M. N., Ribeiro, A. P. L., Da Rocha, R. A., & Carneiro, J. D. S. (2021). Effect of the food matrix on the capacity of flavor enhancers in intensifying salty taste. *Journal of Food Science*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15634>
- Rodrigues, J. F., Gonçalves, C. S., Pereira, R. C., Carneiro, J. D. S., & Pinheiro, A. C. M. (2014). Utilization of temporal dominance of sensations and time intensity methodology for development of low-sodium Mozzarella cheese using a mixture of salts. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 4733–4744. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7913>
- Rodrigues, Jéssica F., Junqueira, G., Gonçalves, C. S., Carneiro, J. D. S., Pinheiro, A. C. M., & Nunes, C. A. (2014). Elaboration of garlic and salt spice with reduced sodium intake. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 86(4), 2065–2075. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130464>
- SAS. (2014). *SAS® OnDemand for Academics: User's Guide* (SAS Instit).
- Silva, H. L. A., Balthazar, C. F., Esmerino, E. A., Vieira, A. H., Cappato, L. P., Neto, R. P. C., Verruck, S., Cavalcanti, R. N., Portela, J. B., Andrade, M. M., Moraes, J., Franco, R. M., Tavares, M. I. B., Prudencio, E. S., Freitas, M. Q., Nascimento, J. S., Silva, M. C., Raices, R. S. L., & Cruz, A. G. (2017). Effect of sodium reduction and flavor enhancer addition on probiotic Prato cheese processing. *Food Research International*, 99, 247–255. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.018>
- SILVA, T. L. T., SOUZA, V. R., PINHEIRO, A. C. M., NUNES, C. N., & FREIRE, T. V. M. (2014). Equivalence salting and temporal dominance of sensations analysis for different sodium chloride substitutes in cream cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 67(1), 31–38. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12100>
- Souza, V. R., Pereira, P. A., Pinheiro, A. C. M., Bolini, H., Borges, S. V., & Queiroz, F. (2013). Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(7), 1541–1548.
- SpectraBase. (2021). *L-glutamic acid, 5-ammonium salt*. <https://spectrabase.com/spectrum/5aCKbPDr7YF>
- Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2012). *Sensory Evaluation Practices* (4th ed.). Academic Press.
- Tian, X., & Fisk, I. D. (2012). Salt release from potato crisps. *Food and Function*, 3, 376–380. <https://doi.org/10.1039/c2fo10282j>
- Türkoğlu, Ş. (2015). Evaluation of genotoxic effects of five flavour enhancers (glutamates) on the root meristem cells of *Allium cepa*. *Toxicology and Industrial Health*, 31(9), 792–801. <https://doi.org/10.1177/0748233713475509>
- Wakeling, I. N., & Macfie, H. J. H. (1995). Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. In *Food Quality and Preference* (Vol. 6).
- Guideline: Sodium intake for adults and children, (2012) (testimony of WHO).
- WHO global sodium benchmarks for different food categories, (2021) (testimony of WHO).

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240025097>

Witt, M. (2019). Anatomy and development of the human taste system". Smell and Taste. *Handbook of Clinical Neurology*, 164, 147–171. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63855-7.00010-1>

Tables

Table 1 – Samples evaluated in this study.

Food Matrices	Samples	NaCl (%) ¹ content reduction	MAG (%) ²
Shoestring Potatoes	P0	0 (Control – 1.6% NaCl)	0
	P40	40	2
	P50	50	2
Requeijão Cheese	R0	0 (Control – 0.58% NaCl)	0
	R50	50	2
	R90	90	2
Beef Burger	B0	0 (Control – 1.4% NaCl)	0
	B50	50	2
	B65	65	2

¹ The amount of NaCl reduced in each food matrix was performed as a function of the amount of NaCl in the respective control.

² MAG: Monoammonium glutamate.

Table 2 - Average values for maximum intensity and sample area using the intensity time curve for salty taste.

Food Matrices	Sample	NaCl (%) ¹ content reduction		Salty Taste	
			MAG (%) ¹	I _{max} ²	Area
Shoestring Potatoes	P0	0	0	6.47	142.96
	P40	40	2	6.52	122.02 n.s
				n.s	
	P50	50	0	6.50	116.28 n.s
				n.s	
Requeijão Cheese	R0	0	0	3.85	88.48
	R50	50	2	4.96	104.80 n.s
				n.s	
	R90	90	2	4.25 *	92.60 n.s
Beef Burger	B0	0	0	7.8	176.25
	B50	50	2	8.63	148.83 *
				n.s	
	B65	65	2	6.37	129.81 *
				n.s	

¹ MAG: Monoammonium glutamate.

²I_{max} (Maximum intensity).

* within each column indicates significantly different sample from the control by Dunnett's test (p <0.05).

Figures

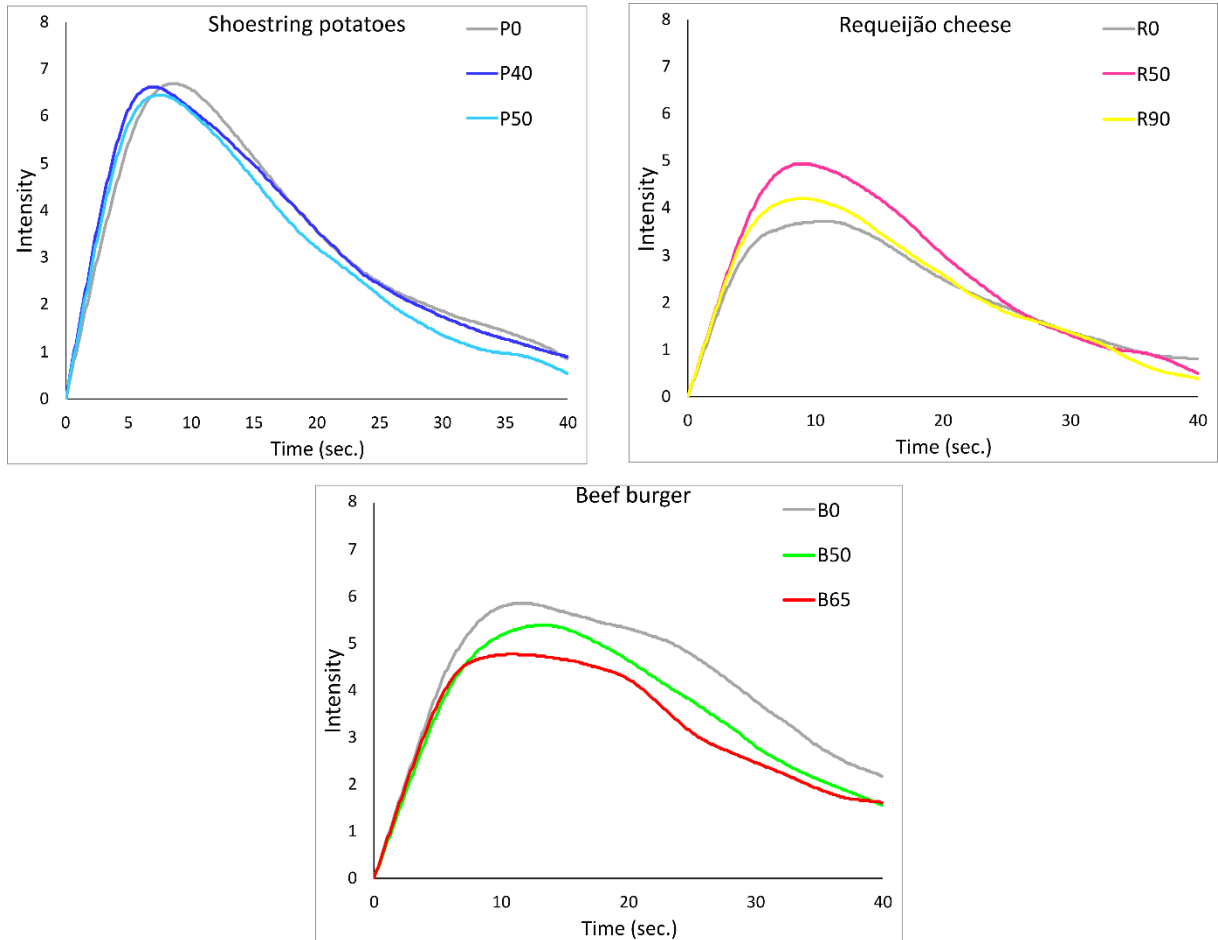


Figure 1 - Intensity of salty taste over time for samples of different food matrices (shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger) with different reductions in NaCl content.

Shoestring Potato - P0: 0% RT NaCl (1.6% NaCl), P40: 40% RT NaCl + 2% MAG, P50: 50% RT NaCl + 2% MAG.

Requeijão cheese - R0: 0% RT NaCl (0.58% NaCl), R50: 50% RT NaCl + 2% MAG, R90: 90% RT NaCl + 2% MAG.

Beef burger - B0: 0% RT NaCl (1.4% NaCl), B50: 50% RT NaCl + 2% MAG, B65: 65% RT NaCl + 2% MAG.

*MAG: Monoammonium Glutamate; RT: Reduction of content.

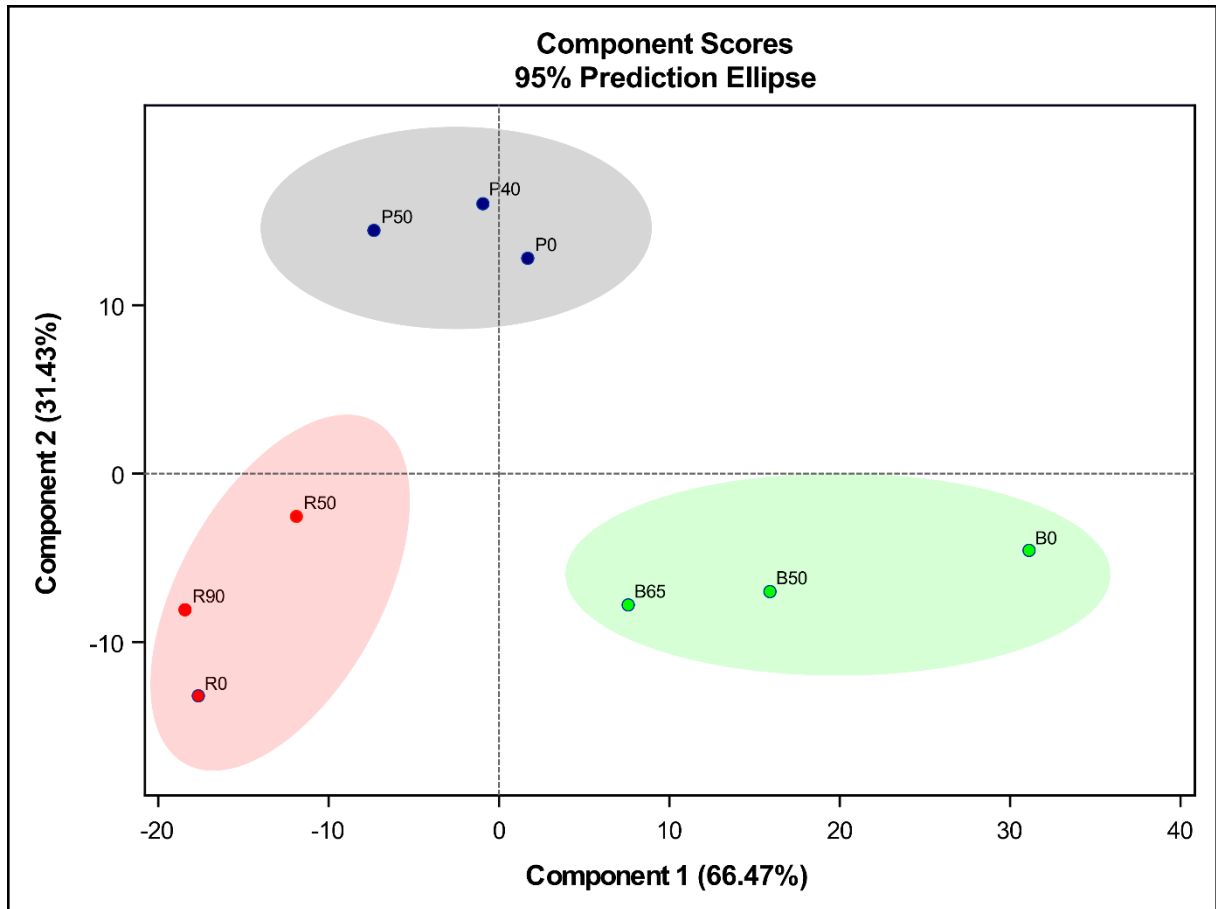


Figure 2 - Principal component analysis (PCA) for the nine samples of food matrices (shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger) with different reductions in NaCl content, evaluated by TI analysis.

Shoestring Potatoes - P0: 0% RT NaCl (1.6% NaCl), P40: 40% RT NaCl + 2% MAG, P50: 50% RT NaCl + 2% MAG.

Cottage cheese - R0: 0% RT NaCl (0.58% NaCl), R50: 50% RT NaCl + 2% MAG, R90: 90% RT NaCl + 2% MAG.

Beef burger - B0: 0% RT NaCl (1.4% NaCl), B50: 50% RT NaCl + 2% MAG, B65: 65% RT NaCl + 2% MAG.

*MAG: Monoammonium Glutamate; RT: Reduction of content.

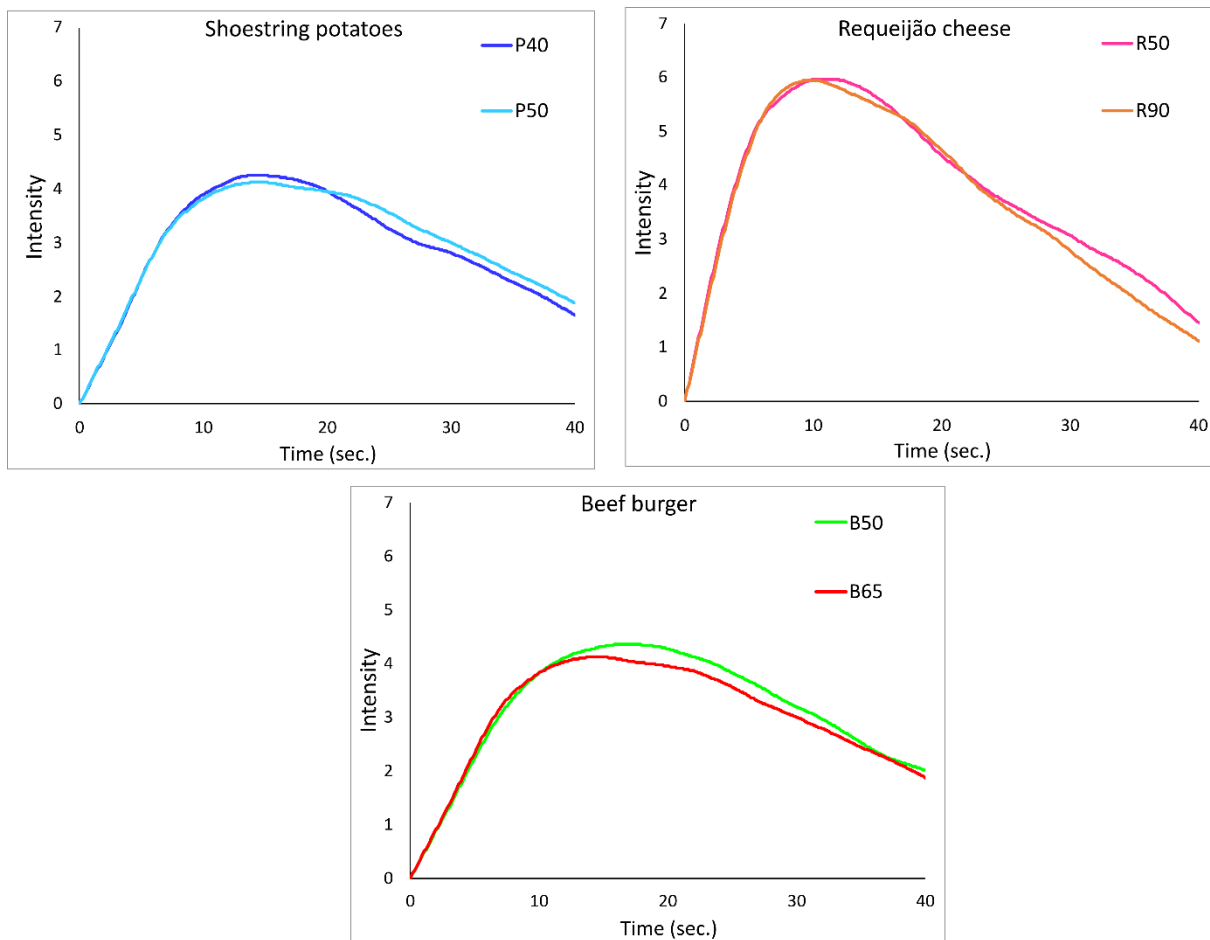


Figure 3 - Intensity of the umami taste over time for samples of food matrices (Shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger) with different reductions in NaCl content added with 2% MAG.

Shoestring Potatoes - P40: 40% RT NaCl, P50: 50% RT NaCl.

Requeijão cheese - R50: 50% RT NaCl, R90: 90% RT NaCl.

Beef burger - B50: 50% RT NaCl, B65: 65% RT NaCl.

*RT: Reduction of content.

MAG: Monoammonium Glutamate

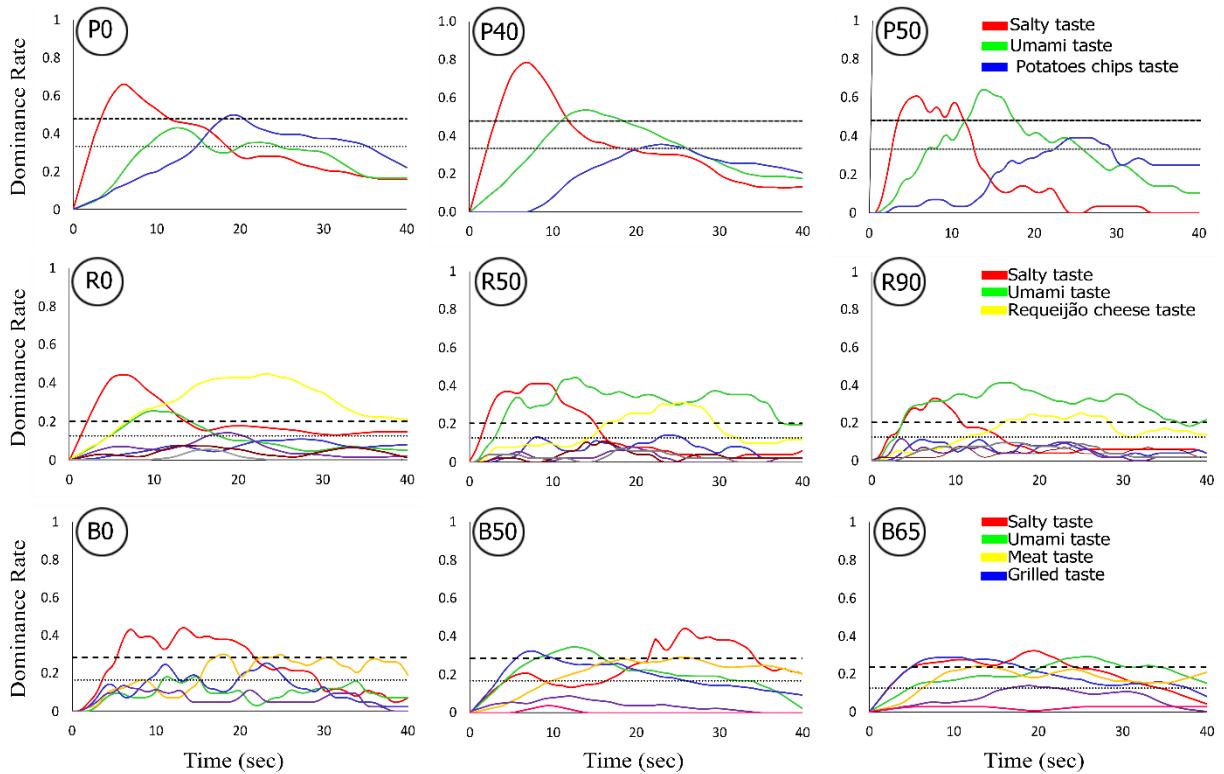


Figure 4 - Sensation temporal dominance profile (TDS) of samples from different food matrices (Shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger) with different reductions in NaCl content.

Shoestring Potatoes - P0: 0% RT NaCl (1.6% NaCl), P40: 40% RT NaCl + 2% MAG, P50: 50% RT NaCl + 2% MAG.

Requeijão cheese - R0: 0% RT NaCl (0.58% NaCl), R50: 50% RT NaCl + 2% MAG, R90: 90% RT NaCl + 2% MAG.

Beef burger - B0: 0% RT NaCl (1.4% NaCl), B50: 50% RT NaCl + 2% MAG, B65: 65% RT NaCl + 2% MAG.

*MAG: Monoammonium Glutamate; RT: Reduction of content.

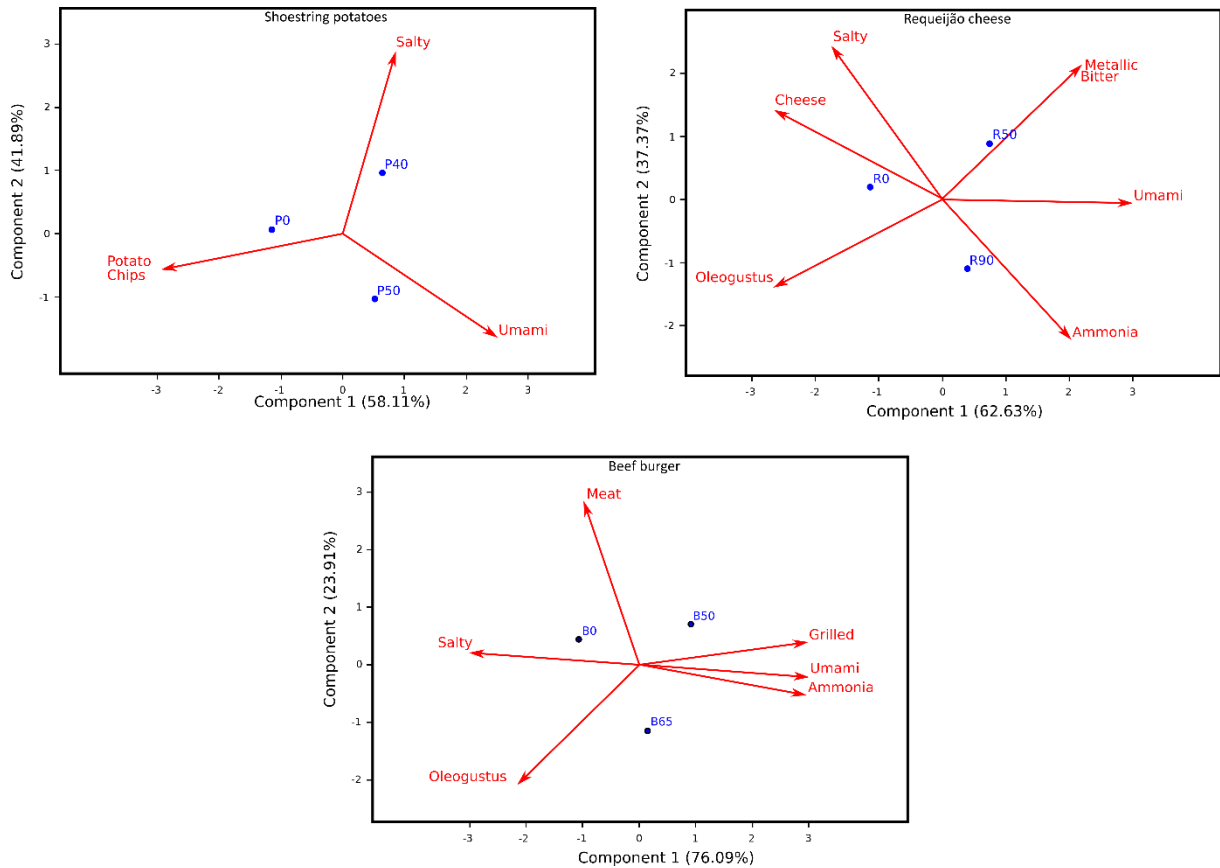


Figure 5 – Principal component analysis (PCA) of samples from different food matrices (Shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger) with different reductions in NaCl content, evaluated by temporal dominance of sensations analysis (TDS).

Shoestring Potatoes - P0: 0% RT NaCl (1.6% NaCl), P40: 40% RT NaCl + 2% MAG, P50: 50% RT NaCl + 2% MAG.

Requeijão cheese - R0: 0% RT NaCl (0.58% NaCl), R50: 50% RT NaCl + 2% MAG, R90: 90% RT NaCl + 2% MAG.

Beef burger - B0: 0% RT NaCl (1.4% NaCl), B50: 50% RT NaCl + 2% MAG, B65: 65% RT NaCl + 2% MAG.

*MAG: Monoammonium Glutamate; RT: Reduction of content.

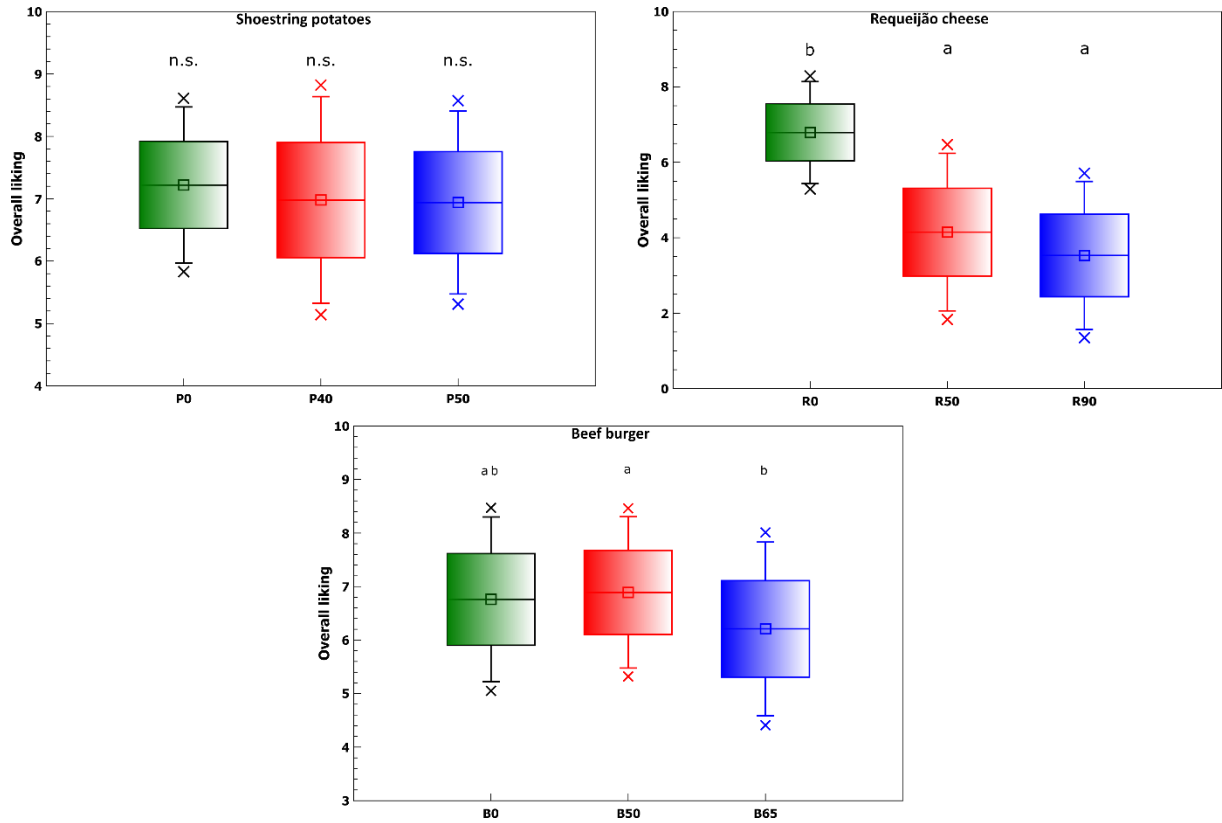


Figure 6 – Acceptance of samples from different food matrices (Shoestring potatoes, requeijão cheese and beef burger) with different reductions in NaCl content.

Shoestring Potatoes - P0: 0% RT NaCl (1.6% NaCl), P40: 40% RT NaCl + 2% MAG, P50: 50% RT NaCl + 2% MAG.

Requeijão cheese - R0: 0% RT NaCl (0.58% NaCl), R50: 50% RT NaCl + 2% MAG, R90: 90% RT NaCl + 2% MAG.

Beef burger - B0: 0% RT NaCl (1.4% NaCl), B50: 50% RT NaCl + 2% MAG, B65: 65% RT NaCl + 2% MAG.

*MAG: Monoammonium Glutamate; RT: Reduction of content.

Samples with * are significantly different from the control sample according to Dunnett's test ($p < 0.05$), $n = 120$.