



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**



ELSON ROGERIO TAVARES FILHO

**DEVELOPMENT AND SENSORY CHARACTERIZATION OF
LOW SODIUM TOMATO SAUCE**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE
MOLHO DE TOMATE COM TEOR DE SÓDIO REDUZIDO**

CAMPINAS

2019

ELSON ROGERIO TAVARES FILHO

**DEVELOPMENT AND SENSORY CHARACTERIZATION OF
LOW SODIUM TOMATO SAUCE**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE
MOLHO DE TOMATE COM TEOR DE SÓDIO REDUZIDO**

Thesis presented to the Faculty of Food Engineering of State University of Campinas to obtain the degree of Doctor in Food and Nutrition, with focus on Consumption and Food Quality.

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Doutor em Alimentos e Nutrição, na área de Consumo e Qualidade de Alimentos.

Supervisor/Orientadora: Prof.^a Dr. Helena Maria André Bolini

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO
ELSON ROGERIO TAVARES FILHO, ORIENTADO
PELA PROFA. DRA. HELENA MARIA ANDRÉ
BOLINI.

CAMPINAS

2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

T197d Tavares Filho, Elson Rogerio, 1991-
Desenvolvimento e caracterização sensorial de molho de tomate com teor de sódio reduzido / Elson Rogerio Tavares Filho. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Helena Maria André Bolini.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Redução de sal. 2. Cloreto de potássio. 3. Análise sensorial. 4. Eletroencefalografia. I. Bolini, Helena Maria André. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Development and sensory characterization of low sodium tomato sauce

Palavras-chave em inglês:

Sodium reduction

Potassium chloride

Sensory evaluation

Electroencephalography

Área de concentração: Consumo e Qualidade de Alimentos

Titulação: Doutor em Alimentos e Nutrição

Banca examinadora:

Helena Maria André Bolini [Orientador]

Flávio Luís Schmidt

Diogo Thimoteo da Cunha

Marta Regina Verruma-Bernardi

Daniela Cardoso Umbelino Cavallini

Data de defesa: 18-06-2019

Programa de Pós-Graduação: Alimentos e Nutrição

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: 0000-0002-9825-0627

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/4824153923112777>

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Helena Maria André Bolini - Orientador
Universidade Estadual de Campinas

Dr. Flávio Luís Schmidt – Membro titular
Universidade Estadual de Campinas

Dr. Diogo Thimoteo da Cunha – Membro titular
Universidade Estadual de Campinas

Dra. Marta Regina Verruma-Bernardi – Membro titular
Universidade Federal de São Carlos

Dra. Daniela Cardoso Umbelino Cavallini – Membro titular
Universidade Estadual Paulista

A Ata da defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Ivonete e Elson,
à minha avó Edith e
ao meu irmão Eduardo.

AGRADECIMENTOS

- Aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional.
- Ao meu irmão Eduardo e nosso eterno amigo Treu.
- A Mariana pelo apoio e presença fundamental;
- À Profª Dra. Helena Bolini pelo exemplo de profissionalismo.
- À minha segunda família de Ilicínea, que permitiu que tudo acontecesse: Rômulo, Tiago, Alba e Ramón.
- Ao Prof. Dr. Erick Esmerino, pela mentoria fundamental. Aos amigos Juliana (Wolva), Adriano, Erick, Geina, Alê, Valfredo pela grande amizade, companheirismo, além da essencial ajuda e compreensão no desenvolvimento deste trabalho;
- Aos companheiros de república Brunno, Marcelino, Michael, Ricardo, Thiago, Ronaldo, Adriano e Janaína.
- A todos os provadores pela ajuda essencial que possibilitou este estudo.
- Aos membros da banca examinadora pelas contribuições e sugestões apresentadas;
- Ao CNPq, pela concessão de bolsa e auxílio que colaboraram para a existência deste trabalho.
- O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.
- A Alexandra Elbakyan, por sua enorme contribuição para ciência.

"It isn't all over; everything has not been invented;
the human adventure is just beginning."

Gene Roddenberry

RESUMO GERAL

As diretrizes que orientam a redução do sódio em alimentos processados, estão cada vez mais rigorosas devido à forte correlação entre a ingestão excessiva de sal e o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis. O molho de tomate é um alimento processado de grande consumo, contudo, apresenta elevado teor de sódio em sua composição. Neste cenário, faz-se necessário desenvolver estratégias que possibilitem a substituição do cloreto de sódio assim como a conservação das características sensoriais do produto. O presente trabalho teve por objetivos: 1) Utilizar a escala JAR para determinar a concentração de sal considerada ideal pelos consumidores brasileiros. 2) Utilizar a análise tempo intensidade (TI) para determinar a equivalência de poder salgante entre o cloreto de sódio (NaCl) e o cloreto de potássio (KCl). 3) Produzir seis formulações de molho de tomate com 50% de substituição do NaCl. 4) Caracterizar os molhos pela percepção de provadores treinados e consumidores, utilizando análise descritiva quantitativa (ADQ) e *check all that apply* (CATA); e também de forma dinâmica utilizando TI e *temporal dominance of sensations* (TDS). 5) Avaliar a aceitação dos molhos de forma clássica e dinâmica, utilizando o teste de aceitação e o teste de aceitação temporal. 6) Utilizar a eletroencefalografia (EEG) e a escala hedônica para avaliar a resposta neuronal de indivíduos ao consumir molho de tomate com redução de sal. A concentração ideal de NaCl foi de 0,87%. O KCl possuiu 75% da capacidade salgante do NaCl em uma relação 1:1 (m/m), seja de forma isolada ou associada ao glutamato monossódico, inosinato dissódico, Aji-100 (*kokumi aroma*) e lisina. Contudo, quando associado a mistura inosinato + guanilato dissódico (50%\50% m/m), o poder salgante do KCl foi reduzido para 60%. As amostras apresentaram maiores diferenças relacionadas aos atributos do sabor, em detrimento aos da aparência, aroma e textura. Na ADQ, diferenças significativas nos gostos: doce, amargo e metálico foram evidenciadas, no CATA apenas o amargo diferiu. A análise TI evidenciou menor valor de gosto amargo na amostra NaCl comparada as demais, todavia, o principal achado do método foi o tempo de duração do gosto amargo (TTOT). A presença de realçador de sabor na amostra não afetou o tempo de surgimento do gosto amargo, contudo reduziu sua duração. As amostras contendo substâncias promotoras de umami (MSG, IG, IMP e AJI-100) tiveram menor duração de gosto amargo. O TDS caracterizou como atributos dominantes sabores que não apresentaram intensidade alta nos outros testes (*e.g.*, sabor de condimentos/ervas, e gosto ácido). A estimulação dos córtices frontal e temporal desempenha um papel importante na aceitação dos alimentos, e a associação do glutamato monossódico ou inosinato dissódico com o KCL estimulou fortemente essa região. A utilização de cloreto de potássio como substituto do cloreto de sódio em molho de tomate se fez mais eficiente se realizada de forma parcial, *i.e.*, que se faça a substituição de no máximo 60% do NaCl. Também é importante frisar a melhora sensorial do KCl na presença de pequenas concentrações dos realçadores de sabor, glutamato monossódico e inosinato dissódico.

Palavras-chave: Intensificadores de sabor, redução de sal, cloreto de potássio, análise sensorial.

ABSTRACT

Guidelines for reducing sodium in processed foods are becoming stricter due to the strong correlation between excessive salt intake and the development of chronic noncommunicable diseases. Tomato sauce is a highly consumed processed food but contains a high sodium content. In this scenario, it is necessary to develop strategies that enable the replacement of sodium chloride as well as the conservation of sensory characteristics of the product. The present study aimed to: 1) Use the JAR scale to determine the salt concentration considered ideal by Brazilian consumers. 2) Use the time intensity analysis (TI) to determine the salt power equivalence between sodium chloride (NaCl) and potassium chloride (KCl). 3) Produce six tomato sauce formulations with 50% NaCl substitution. 4) Characterize the sauces produced by the perception of trained tasters and consumers, using quantitative descriptive analysis (ADQ) and check all that apply (CATA); and dynamically using TI and temporal dominance of sensations (TDS). 5) Evaluate the acceptance of the sauces in a classic and dynamic way, using the acceptance test and the temporal acceptance test. 6) Use electroencephalography (EEG) and hedonic scale to evaluate the neuronal response of individuals when consuming salt-reduced tomato sauce. The ideal concentration of NaCl was 0.87%. KCl had 75% of the salty capacity of NaCl in a 1: 1 ratio (w / w), either alone or in association with monosodium glutamate, disodium inosinate, Aji-100 (kokumi aroma) and lysine. However, if combined with disodium inosinate + disodium guanylate (50% \ 50%; w / w) mixture, the salty power of KCl was reduced to 60%. The samples showed a larger differences related to the attributes of the flavor, in detriment to the appearance, aroma and texture. In ADQ, significant differences in taste: sweet, bitter and metallic were evidenced, while in CATA the bitter taste differed between the samples. The TI analysis showed lower absolute value of bitter taste in the NaCl sample when compared to the others, however, the main finding of the method was the duration of bitter taste (TTOT). It was observed that the time of onset of bitter taste did not change in the presence of flavor enhancers, while the time of disappearance showed significant differences. Samples containing umami promoting substances (MSG, IG, IMP and AJI-100) had a shorter duration of bitter taste compared to others containing potassium chloride (KCL and LYS). TDS was efficient in describing the samples, characterizing as dominant attributes those which did not necessarily demonstrate high intensity in the other tests (e.g., flavoring / herbs, and acidic taste). The stimulation of frontal and temporal cortices plays an important role in food acceptance, and monosodium glutamate or disodium inosinate association with KCL strongly stimulated this region. The use of potassium chloride as a substitute for sodium chloride in tomato sauce was most efficient if carried out partially, i.e., the replacement of a maximum of 60% NaCl. It is also important to emphasize the sensory improvement of KCl in the presence of small concentrations of flavor enhancers, monosodium glutamate and disodium inosinate.

Keywords: Flavor enhancers, salt reduction, potassium chloride, sensory analysis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Tomate	18
3.2 Consumo de sal e saúde	21
3.3 Redução De Sódio	23
3.3.1 Cloreto de potássio	26
3.3.2 Realçadores de sabor	28
3.4 Análise Sensorial	29
3.4.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	32
3.4.2 Análise Tempo – Intensidade	33
3.4.3 Check All That Apply	34
3.4.4 Temporal Dominance of Sensations	34
3.4.5 Teste de Aceitação	35
3.4.6 Teste de Aceitação Temporal	37
3.4.7 Teste do ideal (Just-about-right/JAR)	37
3.5 Eletroencefalografia	38
ARTICLE 1: THE IMPACT OF SODIUM REDUCTION AND FLAVOR ENHANCERS ADDITION ON THE CLASSICAL AND CONSUMER-BASED SENSORY PROFILING OF TOMATO SAUCE.	39
1. INTRODUCTION	41
2. MATERIAL AND METHODS	42
2.1 Tomato ingredients	42
2.2 Salts and flavor enhancers	42
2.3 Tomato sauce elaboration	42
2.3.1 Experimental design	43
2.4 Sensory Analysis	43
2.5 Just About Right Test	44
2.6 Time-Intensity Analysis	44
2.7 Quantitative Descriptive Analysis	44
2.8 Check-all-that-apply and Acceptance Test	45
2.9 Multiple Factor Analysis	46
3. RESULTS AND DISCUSSION	46
3.1 JAR-Test	46
3.2 Salty taste equivalence through Time-Intensity Analysis	46
3.3 Quantitative Descriptive Analysis	48
3.4 Check-all-that-apply (CATA)	50
3.5 Acceptance Test	51
3.6 External Preference Map	52

3.7 Multiple Factor Analysis	53
4. CONCLUSIONS.....	55
5. REFERENCES	56
ARTICLE 2: DYNAMIC ASPECTS OF SALT REDUCTION IN TOMATO SAUCE BY USE OF FLAVOR ENHANCERS AND BITTER BLOCKER	62
1. INTRODUTION	64
2. MATERIAL AND METHODS	65
2.1 Tomato sauce and salts	65
2.2 Sensory Analysis	66
2.2.1 <i>Time-Intensity</i>	66
2.2.2 <i>Temporal Dominance of Sensations (TDS)</i>	67
2.2.3 <i>Temporal Acceptance Analysis</i>	68
2.3 Data Analysis.....	68
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	68
3.1 Time-Intensity Analysis (TI).....	68
3.2 Temporal Dominance of Sensations (TDS).....	72
3.3 Temporal Acceptance Analysis	73
4. CONCLUSIONS.....	75
SHORT CONTRIBUTION: ELECTROENCEPHALOGRAPHY AND HEDONIC SCALE TO EVALUATE SALT REDUCTION EFFICACY IN TOMATO SAUCE.	81
ABSTRACT	82
2. MATERIAL AND METHODS.....	84
2.1 Tomato sauce base.....	84
2.2 Salts	84
2.3 Participants	84
2.4 Stimulating taste	85
2.5 Sensory analysis	85
2.6 Procedure	85
2.7 Electrodes and data collection	86
2.8 Results analysis	86
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	86
4. CONCLUSION	92
5. REFERENCES	93
4. DISCUSSÃO GERAL	98
5. CONCLUSÃO GERAL	102
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

1. INTRODUÇÃO GERAL

O sal de cozinha é composto por cloreto de sódio (NaCl), iodato de potássio e os antiemectantes: ferrocianeto de sódio e dióxido de silício. O NaCl é o constituinte majoritário, e também a principal substância responsável pelo gosto salgado (BANNWART; PINTO e SILVA; VIDAL, 2015). Considerado um dos ingredientes mais antigos utilizados no preparo dos alimentos, o sal, tem como funções sensoriais principais a estimulação do gosto salgado e também realce do sabor, por promover supressão seletiva sobre sabores indesejáveis como o amargo (BRESLIN; BEAUCHAMP, 1997). Além da função sensorial o cloreto de sódio exerce funções tecnológicas importantes nos alimentos como a modificação da solubilidade de proteínas e o auxílio no processo conservativo, principalmente pela redução do valor de atividade de água (A_w) (ALBARRACÍN *et al.*, 2011).

O sódio (Na^+) é um dos elementos mais comuns, sendo encontrado principalmente solúvel em águas oceânicas, lacustre, e em regiões onde os antigos mares, agora evaporados, banhavam. O Na^+ é componente vital de praticamente todas as formas de vida terrestres, dentre outras funções, regulando a osmolaridade dos tecidos. O corpo humano contém aproximadamente 100 gramas de Na^+ , contudo por participar ativamente dos processos envolvendo balanço de líquidos, nosso organismo espolia sódio constantemente, fazendo necessária sua reposição pela ingestão (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2019). O sódio é um micronutriente essencial para dieta humana, visto que um consumo mínimo de aproximadamente 200 mg por dia se faz necessário para manutenção da saúde (AL-OTAIBI; WILBEY, 2006). Contudo, seu consumo excessivo está fortemente associado à ocorrência de algumas Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), como hipertensão arterial, doença cardiovascular e doenças renais (MCLEAN, 2014; MENETON *et al.*, 2005).

As DCNT matam aproximadamente 38 milhões de pessoas a cada ano, destas mortes calcula-se que 42% ocorrem em indivíduos com idade inferior aos 70 anos, categorizando-se como mortes prematuras. O relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta maior prevalência das mortes prematuras ocasionadas por DCNT em países de média e baixa renda (WHO, 2015). O grupo de estudo cooperativo Intersalt, bem como dados combinados de outros estudos, têm evidenciado em centros industrializados, uma média de ingestão de sódio variando entre 3000-4500 mg por dia, o equivalente à uma ingestão diária entre 7,7-11,5g de sal de cozinha (BROWN *et al.*, 2009; LAW; FROST; WALD, 1991). Esses dados contrastam com a proposta da Organização Mundial de Saúde (OMS/WHO), que

recomenda uma ingestão máxima diária de 2000mg de sódio, equivalente a cinco gramas de sal culinário (WHO, 2012). Foram identificadas iniciativas de redução de sal em trinta e dois países, entre eles: Brasil, Inglaterra, Estados Unidos, Japão. As estratégias adotadas são multifacetadas e geralmente elaboradas e lideradas pelos governos. Essas consistem principalmente na reformulação dos alimentos, iniciativas de conscientização do consumidor e ações de rotulagem (WEBSTER *et al.*, 2011). Para os alimentos industrializados são desenvolvidas diretrizes que estimulam sua reformulação reduzindo o sódio de forma parcial e progressiva ao decorrer dos anos (NILSON *et al.*, 2017).

Alimentos processados e refeições preparadas em restaurantes são as principais fontes de sódio da dieta de países desenvolvidos, chegando a constituir 75% do sódio ingerido diariamente (BROWN *et al.*, 2009). O sucesso de mercado de produtos industrializados pode ser relacionado à evolução da tecnologia de alimentos e as mudanças ocorridas no padrão alimentar das sociedades contemporâneas, que tem buscado cada vez mais comodidade e praticidade no preparo e consumo de alimentos. Entre os alimentos processados de maior consumo, e que se destacam como alvos de políticas de redução de sódio destacam-se: pães, produtos cárneos processados, queijos, temperos, molhos e refeições congeladas (MHURCHU *et al.*, 2011).

Ao avaliar a concentração média de sódio em molhos de tomate industrializados comercializados no Brasil; Silva, Coutinho e Azevedo, (2015) reportaram que a faixa de sódio encontrada em uma porção de 100g de produto variava de 443,33mg - 868,33. Yonamine *et al.*, (2005) produziram molhos de tomate sem adição de sal e para efetuar a redução do sal, avaliaram compêndios de tabelas de valor nutricional brasileiros encontrando um valor médio de 325 - 488 mg de sódio por 100g como valor referência para molhos de tomate brasileiros.

O molho de tomate é o produto do processamento de tomate — atomatado — mais consumido em todo o mundo (MARTÍNEZ-HUÉLAMO *et al.*, 2015). Neste cenário, a industrialização do tomate representa uma importante demanda comercial, pois além de resultar em produtos de maior valor nutricional, com propriedades funcionais, ainda evita perdas e desvalorização comercial da safra, por atuar como método conservativo reduzindo o teor de água livre (CAMARGO; HAJ-ISA; QUEIROZ, 2007; DA-SILVA *et al.*, 2010).

O aumento de valor nutricional observado em atomatados é dado principalmente pelo aumento do teor e da disponibilidade de licopeno quando comparado ao tomate fresco *in*

natura (GÄRTNER; STAHL; SIES, 1997). Todavia esse apelo funcional pode ser prejudicado pelo alto teor de sódio encontrado em molhos de tomate, e isso, pode interferir no seu consumo dado a tendência crescente pelo consumo de alimentos com menor teor de sódio (BURTON; WANG; WORSLEY, 2015; YONAMINE *et al.*, 2005).

O desenvolvimento de molho de tomate com teor de sódio reduzido deve conservar ao máximo o sabor característico da receita tradicional, preservando as características sensoriais e a aceitação do produto. Alguns sais são utilizados como substitutos do NaCl, como cloreto de cálcio, magnésio e potássio. Dentre esses, cloreto de potássio é o mais semelhante sensorialmente e tecnologicamente. Todavia, ainda apresenta sabor amargo e metálico, sendo muitas vezes associado a realçadores de sabor para amenizar seus defeitos sensoriais.

A utilização de substituintes de cloreto de sódio (NaCl) como cloreto de potássio (KCl), e realçadores de sabor como glutamato monossódico, inosinato dissódico, guanilato dissódico, Aji-100 (aroma de kokumi) e lisina, representam uma estratégia viável para redução de sódio em alimentos (BARYŁKO-PIKIELNA; KOSTYRA, 2007; CAMPAGNOL; DOS SANTOS; *et al.*, 2012; DOS SANTOS, *et al.*, 2015; FELTRIN *et al.*, 2015; KILCAST; DEN RIDDER, 2007; PIETRASIK; GAUDETTE, 2014; SHAH *et al.*, 2010; ZHUANG *et al.*, 2016). Para o uso de alegações no rótulo de baixo, muito baixo e isento de sódio, os alimentos prontos para o consumo devem fornecer no máximo 120mg, 40mg e 5mg de sódio por 100g, respectivamente. As alegações comparativas de redução de sódio podem ser utilizadas quando o alimento tiver uma redução mínima de 25 % no seu teor de sódio e essa redução for equivalente a no mínimo 120mg de sódio por 100g ou 100ml de alimento (ANVISA, 2012).

Trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de reduzir o teor de sódio em diversos alimentos industrializados como: margarina (LOPES *et al.*, 2014), salsicha (GELABERT *et al.*, 2003; PAULSEN *et al.*, 2014), queijo (CRUZ *et al.*, 2011), presunto cozido (PIETRASIK; GAUDETTE, 2014) e molho de queijo (WEST; SEETHARAMAN; DUIZER, 2013). Entretanto, trabalhos considerando a redução de sódio na matriz molho de tomate foram pobremente explorados e são ainda escassos.

Esse tipo de modificação pode interferir na qualidade sensorial do produto, prejudicando a sua aceitação junto aos consumidores e consequentemente seu sucesso comercial. Desta forma, a fim de minimizar possíveis prejuízos financeiros com a modificação

dos alimentos “tradicionais”, é importante que se realizem estudos sensoriais ao decorrer do processo de reformulação dos alimentos (BAYARRI *et al.*, 2011; SIRÓ *et al.*, 2008).

As indústrias e centros de pesquisas em alimentos utilizam diferentes abordagens nos estudos sensoriais. Pela via clássica os métodos mais utilizados são a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e Análise Tempo-Intensidade (TI), por fornecerem informações valiosas, robustas e precisas para auxiliar o desenvolvimento, reformulação e marketing de produtos, através do julgamento de provadores treinados (SOKOLOWSKY; ROSENBERGER; FISCHER, 2015). Quando o perfil sensorial precisa ser gerado de forma rápida, as metodologias Check-All-That-Apply (CATA), Temporal dominance of sensations (TDS) e suas variações que também fornecem valiosas informações à cerca do produto, são as mais aplicadas (BRAGHIERI *et al.*, 2016; KREMER *et al.*, 2016). Além da caracterização e do perfil sensorial, são necessários testes que avaliam a percepção dos consumidores sobre os produtos, assim como suas preferências. O teste de aceitação sensorial com escala hedônica não estruturada é a metodologia mais utilizada a fim de aferir o gostar e desgostar dos consumidores em relação a um produto (JUYUN, 2011).

Dados oriundos das vias neurais responsáveis pela integração do sinal gerado com o consumo de um alimento são importantes para consolidar o fenômeno envolvido no consumo. Assim, a utilização da eletroencefalografia para analisar os sinais bioelétricos neurofisiológicos envolvidos com o estímulo do gosto salgado na língua, promovido tanto pelo NaCl quanto pelo KCl e intensificadores de sabor podem agregar conhecimento ao estudo sensorial (HASHIDA *et al.*, 2005).

O EEG popularmente utilizado como ferramenta para auxílio de diagnóstico em neurologia é uma ferramenta capaz de monitorar a atividade elétrica do cérebro. O método é de baixo custo, não invasivo, onde os eletrodos são posicionados em regiões delimitadas da cabeça e medem as flutuações de tensão resultante da corrente iônica dentro dos neurônios do cérebro (NUNEZ; SRINIVASAN, 2009). O EEG já foi utilizado com êxito para avaliar o comportamento da estimulação neural de chicletes sem sabor e saborizados (YAGYU *et al.*, 1998), discriminação dos estímulos doce e salgado em solução aquosa (HASHIDA *et al.*, 2005), aceitação de cerveja (GONZALEZ VIEJO *et al.*, 2018), soluções adoçadas com sacarose e edulcorantes (ANDERSEN *et al.*, 2018). Contudo a resposta neural do gosto salgado quando promovido por diferentes íons, como K⁺, ou até mesmo por nucleotídeos como, inosinato e guanilato dissódico, ainda não foi observada.

Diante das propostas e estratégias internacionais implementadas em prol da redução do conteúdo de sódio nos alimentos, e dos benefícios do consumo do tomate na forma de molho, estudos que investigam as propriedades tecnológicas e sensoriais da redução de NaCl e sua consequente substituição por KCl, afim de continuar a gerar o gosto salgado no alimento se mostram importantes por produzirem informações valiosas à cerca da compreensão da redução de sódio e o desenvolvimento do produto.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O trabalho teve por objetivo, elaborar diferentes tipos de molho de tomate com redução e substituição parcial de sódio, assim como caracterizar as amostras de molho de tomate utilizando a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e Check-All-That-Apply (CATA), determinar o perfil sensorial dinâmico através dos métodos Análise Tempo Intensidade e Temporal Dominance of Sensations (TDS), coletar informações dos consumidores sobre sua aceitação de molhos de tomate com redução de sódio e também por meio de eletroencefalografia, a respeito da resposta neural promovida pelo gosto salgado.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a quantidade ideal de NaCl que será adicionada ao molho de tomate padrão desenvolvido, por meio da utilização do teste do ideal (JAR) para o gosto salgado.
- Determinar a equivalência do gosto salgado nas amostras com redução de sódio por meio da metodologia da Análise Tempo-Intensidade.
- Elaborar formulações de molho de tomate com redução e substituição parcial de 50% do sódio, utilizando cloreto de potássio (KCl), glutamato monossódico, inosinato dissódico, guanilato dissódico, kokumi e o aminoácido lisina, em concentrações equivalentes a concentração determinada como ideal para molho de tomate.
- Avaliar os perfis descritivos gerados pela percepção de assessores treinados e consumidores respectivamente pelos testes: Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e Check-All-That-Apply (CATA). Correlacionar os dados descritivos com dados hedônicos obtidos por meio do teste de aceitação.
- Avaliar os perfis descritivos dinâmicos das amostras, pela percepção de assessores treinados e consumidores respectivamente pelos testes Tempo-intensidade (TI) e Temporal Dominance of Sensations (TDS). Correlacionar os dados descritivos com dados hedônicos obtidos por meio do teste de aceitação temporal.
- Avaliar por eletroencefalograma a resposta neural do estímulo salgado gerado por diferentes sais como: NaCl, KCl, e KCl + realçadores de sabor.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Tomate

O tomate (*Lycopersicum esculentum mill*) é o fruto proveniente do tomateiro que pertence à família Solanácea (PEREIRA, 2007). Originário da parte ocidental das Américas Central e do Sul, o cultivo do fruto foi propagado para todos os continentes (DE-MELO, 2012). Desta forma o tomate se tornou uma mercadoria de comercialização internacional, sendo considerado uma importante *commodity*, com produção anual de tendência crescente (FAO, 2019; HELYES; LUGASI; PÉK, 2012). Atingiu em 2017 valores de produtividade superiores a 182 milhões de toneladas (Figura 1), e somente no Brasil a produção foi superior a 4 milhões de toneladas em 2017 (Figura 2). Nos dados de produtividade estão incluídos o tomate de mesa e o destinado ao processamento nas formas de extrato de tomate, tomate em conservas, molhos de tomate (FAO, 2019).

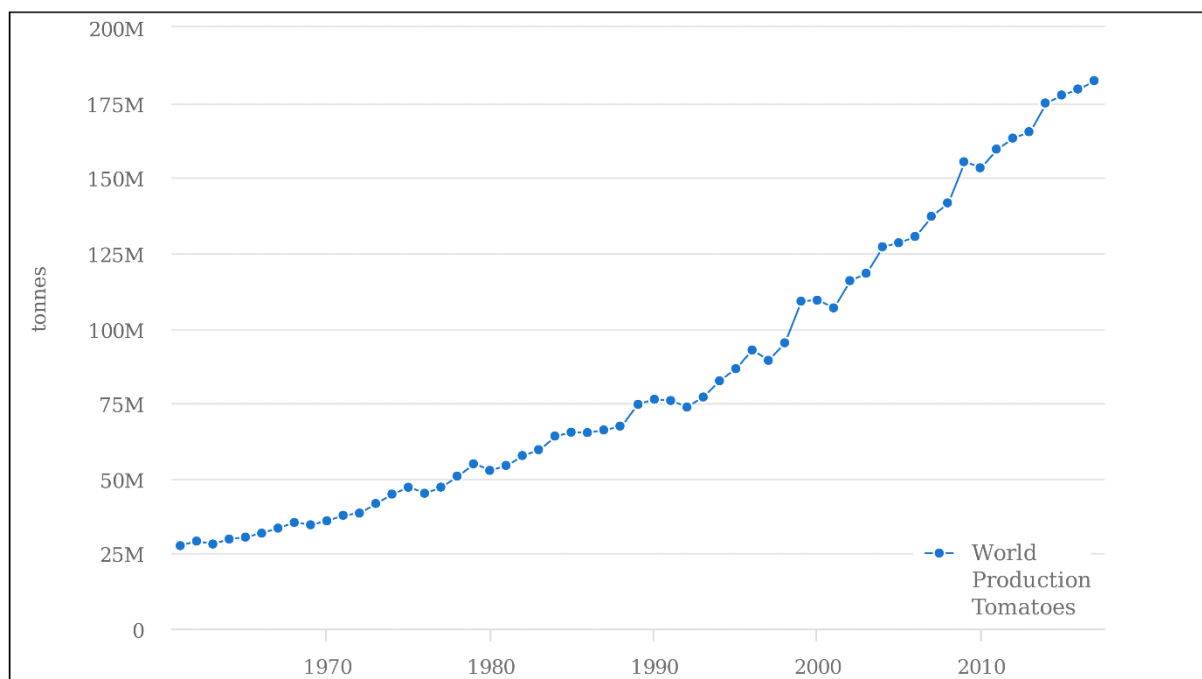


Figura 1. Produção mundial de tomate. Fonte: FAOSTAT, 2019. (<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>)

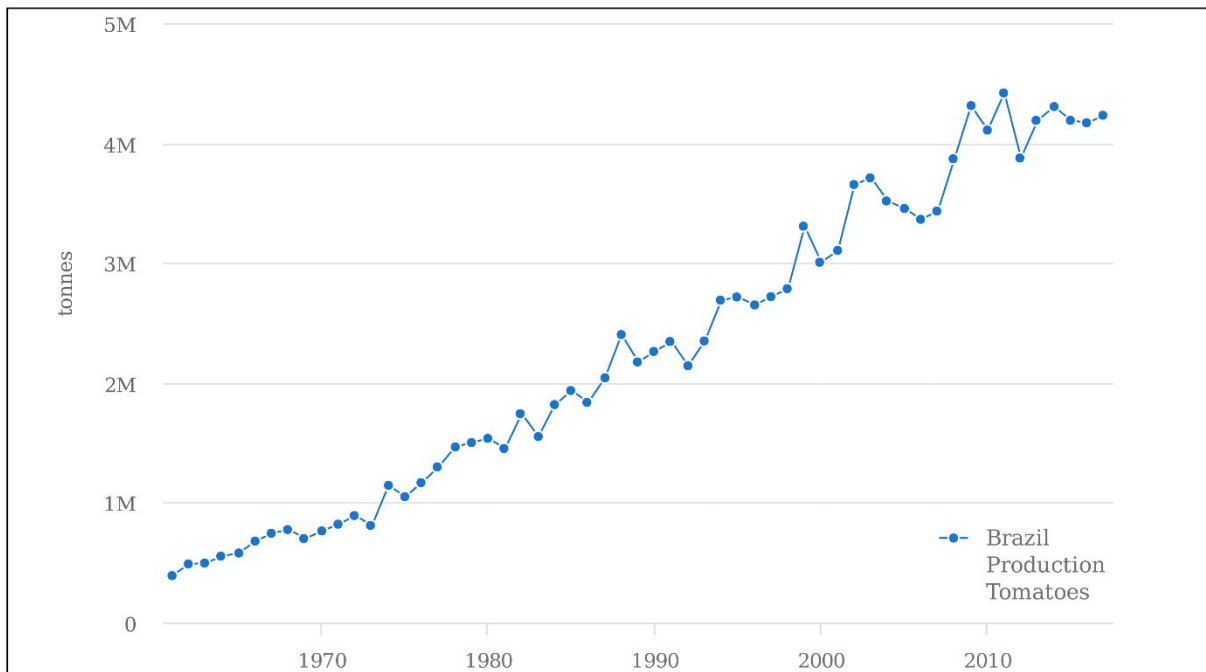


Figura 2. Produção de tomate no Brasil. Fonte: FAOSTAT, 2019. (<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>).

Em sua forma *in natura*, o tomate é a hortaliça mais consumida do Brasil, além disso, o fruto tem um importante papel como matéria prima destinada ao processamento industrial, originando produtos atomatados com boa aceitação pelo mercado consumidor (CANELLA *et al.*, 2018; HAUTH *et al.*, 2017; KOBORI *et al.*, 2010). Tal qual a maioria dos frutos, é constituído essencialmente por água, que no tomate representa cerca de 94% de sua constituição. Os 6% restantes, correspondentes à matéria seca, que compreende os açúcares solúveis, sólidos insolúveis em álcool, ácidos orgânicos, minerais (sendo o potássio, o fósforo e o cálcio os mais representativos) e outros constituintes como fibras solúveis, insolúveis, como lipídeos, vitaminas e pigmentos, como visto na Tabela 1 (TACO, 2011).

Tabela 1. Composição de alimentos por 100 gramas de parte comestível de tomate, com semente e cru: Centesimal, minerais, vitaminas e colesterol.

Umidade(%)	95,1	Ferro (mg)	0,2	Carboidrato (g)	3,1	RE (µg)	54
Energia (kj)	64	Sódio (mg)	1	Fibra Alimentar (g)	1,2	RAE (µg)	27
Energia(kcal)	15	Potássio (mg)	222	Cinzas (g)	0,5	Tiamina (mg)	0,12
Proteínas (g)	1,1	Cobre (mg)	0,04	Cálcio (mg)	7	Riboflavina (mg)	Tr
Lipídeos (g)	0,2	Zinco (mg)	0,1	Magnésio (mg)	11	Piridoxina (mg)	0.02
Colesterol (mg)	NA	Retinol (µg)	NA	Manganês (mg)	0,07		
Vitamina C (mg)	21,2	Fósforo (mg)	20	Niacina (mg)	Tr		

Abreviações: g: grama; µg: micrograma; kcal: quilocaloria; kJ: kilojoule; mg: miligrama; NA: não aplicável; Tr: traço; RE: Equivalente em retinol; RAE: Equivalente em atividade de retinol. Adotou-se Tr (traço) nas seguintes situações: a) valores de nutrientes arredondados para números que caíam entre 0 e 0,5; b) valores de nutrientes arredondados para números com uma casa decimal que caíam entre 0 e 0,05; c) valores de nutrientes arredondados para números com duas casas decimais que caíam entre 0 e 0,005 e; d) valores abaixo dos limites de quantificação.

Apesar de ser a hortaliça mais consumida do Brasil — desconsiderando raízes e tubérculos — o tomate possui vida útil limitada (CANELLA *et al.*, 2018). Seu processamento configura-se importante, pois além de atender à necessidade de consumo durante todo o ano (CHANFORAN *et al.*, 2012), atua como método conservativo, e incrementa seu valor nutricional pelo fato de aumentar a biodisponibilidade de licopeno (HWANG *et al.*, 2012).

O licopeno é o principal pigmento carotenoide presente em tomates vermelhos maduros, e tem sido frequentemente estudado em relação aos seus benefícios à saúde, biodisponibilidade, e na variação do teor durante o amadurecimento e processamento dos frutos (CAPANOGLU *et al.*, 2010; HWANG *et al.*, 2012). A ingestão de tomates e seus derivados consistem na principal fonte de licopeno dietético (POOJARY; PASSAMONTI, 2015). Sua ingestão tem sido associada à diminuição do risco de doenças crônicas cardiovasculares e cânceres (WANG, 2012). Além do licopeno, o tomate é fonte de outros compostos antioxidantes, como a vitamina E, ácido ascórbico, outros carotenoides, flavonoides e fenólicos (BORGUINI; FERRAZ, 2009).

Derivados do tomate são utilizados mundialmente e possuem grande aceitação pelos consumidores. Comercialmente, os principais produtos resultantes do processamento do tomate são: suco de tomate, extrato de tomate, purê de tomate, ketchup, molhos e tomates enlatados (MIRONDO; BARRINGER, 2015). Dentre esses produtos o molho de tomate é o mais consumido (MARTÍNEZ-HUÉLAMO *et al.*, 2015).

Entre os atomatados, apenas ketchup e concentrados possuem definição pela legislação brasileira. Ketchup é tido como o produto elaborado a partir da polpa de frutos maduros do tomateiro (*Lycopersicum esculentum* L.), adicionados ou não de ingredientes, desde que, não descaracterize o produto final (ANVISA, 2005). Concentrado de tomate é o produto obtido da polpa de frutos do tomateiro, devendo conter, no mínimo 6% de sólidos solúveis naturais de tomate, podendo ser adicionado de sal e ou açúcar (ANVISA, 2005, BACARAT, 2018). De acordo com a legislação da ANVISA — Resolução RDC nº.276, de 22 de setembro de 2005, que se estende à molhos derivados de tomate: “molhos são produtos em forma líquida, pastosa, emulsão ou suspensão à base de especiaria(s) e ou tempero(s) e ou outro(s) ingrediente(s), fermentados ou não, utilizados para preparar e ou agregar sabor ou aroma aos alimentos e bebidas” (ANVISA, 2005).

Tradicionalmente, para obtenção do molho de tomate, retira-se a pele e as sementes dos tomates, e posteriormente os mesmos são picados e misturados com óleo vegetal, açúcar, sal e condimentos. Os condimentos mais utilizados na fabricação de molho de tomate são: alho, cebola e especiarias (Alecrim, Manjerição, Orégano, Tomilho e Salsa). Esta mistura é então aquecida, até que se obtenha um líquido viscoso pronto para o consumo (MONTEIRO, 2008).

3.2 Consumo de sal e saúde

As pessoas pelo mundo estão ingerindo mais sódio do que é considerado saudável. O estudo realizado pela Escola de Saúde Pública de Harvard e Universidade de Cambridge observou que 181 dos 187 países estudados — que representam 99,2 da população adulta global — ingerem uma quantidade de sal diária superior aos 5g preconizados pela OMS (Figura 3). Em 119 países, o valor ingerido supera o preconizado pela OMS em no mínimo 1g (SPRING, 2014). A figura 3 classifica em cores a média de consumo de cada país, onde de acordo com essa escala, essa região do azul representa consumo ideal, a transição azul-verde consumo discretamente acima do ideal, verde amarelo alto consumo — de 1,5 a 2 vezes o preconizado —, e por fim região do laranja-vermelho representando médias de consumo duas ou três vezes maiores. Neste cenário o Brasil apresenta média de consumo situada na região amarela, apresentando consumo médio de 11 gramas por dia per capta.

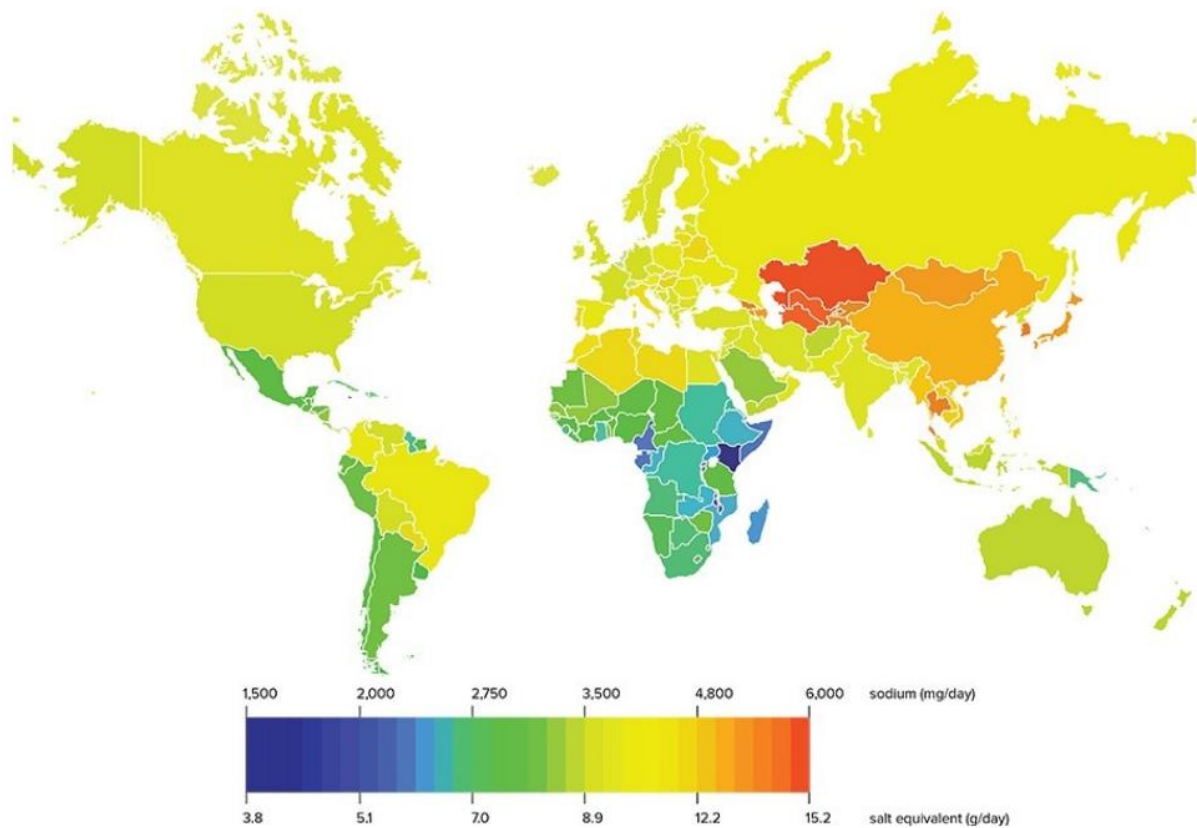


Figura 3: Ingestão estimada de sódio (g / dia) padronizada por idade em 2010, para pessoas com 20 anos ou mais. Fonte: SPRING, 2014.

As doenças crônicas não transmissíveis — DCNT's — principalmente cânceres, doenças cardiovasculares e respiratórias e diabetes, representam a maior causa de mortalidade no mundo, somando 41 milhões de pessoas a cada ano, o equivalente a 71% de todas as mortes no mundo (WHO, 2018). Destas, 14 milhões se caracterizam como morte prematura, por ocorrerem antes dos 70 anos. Das prematuras 90% ocorrem em países de baixa e média renda (WHO, 2018).

Alguns mecanismos são propostos para explicar o papel do sal com a hipertensão arterial sistêmica, entre esses: expansão do volume extra- celular principalmente o intravascular, funções renais modificadas, distúrbios no balanço de sódio, reação prejudicada do sistema renina-angiotensina-aldosterona e dos receptores associados. Nem toda pessoa reage a mudanças no consumo de sal na dieta com alterações na pressão arterial, dividindo as pessoas em grupos sensíveis e insensíveis ao sal. Estima-se que cerca de 50 a 60% dos hipertensos sejam sensíveis ao sal. Além dos polimorfismos genéticos, a sensibilidade ao sal aumenta no envelhecimento, nos negros e nas pessoas com síndrome metabólica ou obesidade (RUST e EKMEKCIOGLU, 2016).

3.3 Redução De Sódio

O sódio e o potássio são minerais essenciais para a regulação dos fluidos intracelulares e extracelulares. O fluido extracelular é composto principalmente de sódio, cloreto e íons de bicarbonato, enquanto o líquido intracelular difere significativamente do líquido extracelular, por apresentar, por exemplo, grandes quantidades de íons de potássio, magnésio e fosfato, em vez dos íons de sódio e cloreto, encontrados no líquido extracelular. A homeostase dos líquidos corporais é essencial para a atividade celular e tecidual, e se relaciona com parâmetros sistêmicos como a regulação da pressão arterial (HALL; GUYTON, 2017).

A identificação das fontes modernas de sódio na dieta, principalmente aquelas relacionadas aos alimentos, é crítica para se desenvolver estratégias que promovam a redução da ingestão de sódio em todo o mundo (ANDERSON *et al.*, 2010). Alimentos processados (BROWN *et al.*, 2009) e refeições consumidas foras de casa (HARNACK *et al.*, 2017) representam a principal fonte de sódio na dieta de países industrializados, chegando a constituir valores superiores a dois terços da ingesta diária total.

O sal de cozinha, constituído majoritariamente por cloreto de sódio, é predominantemente utilizado como tempero salgante no preparo de alimentos. Contudo também é utilizado como conservante e realçador de gosto doce. O NaCl, assim como outras substâncias que contêm sódio em sua composição, como glutamato monossódico, além da utilização caseira, são largamente adicionados nos alimentos processados industrialmente. O consumo de alimentos processados ricos em açúcares, gorduras e sódio, deve ser limitado de maneira a reduzir o risco do desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como por exemplo, doenças coronarianas, hipertensão e câncer (MOREIRA *et al.*, 2018; RAUBER *et al.*, 2018).

O consumo excessivo de sódio tem sido relacionado a vários tipos de doenças crônicas, e entre elas destacam-se a doença renal (DRC) (ANDERSON *et al.*, 2015), câncer gástrico (TSUGANE *et al.*, 2004), asma (CAREY; LOCKE; COOKSON, 1993), osteoporose (MARTINI *et al.*, 2000), e principalmente a hipertensão arterial sistêmica e doenças cardiovasculares (SINNAKIROUCHENAN; KOTCHEN, 2014). Desde 2007, a Organização Mundial de Saúde (OMS) tem apoiado o desenvolvimento e implementação de estratégias nacionais de redução do consumo de sal, por criação de redes de parceria com as organizações regionais ao redor do mundo (WHO, 2008). Observa-se hoje que a grande maioria dos países

possuem programas de redução da ingestão de sódio, e os que ainda não tem estão em fase de desenvolvimento (WEBSTER *et al.*, 2011).

No Brasil o plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas Não-Transmissíveis 2011–2022, foi proposto pelo governo federal a fim de promover a redução dos fatores de risco associados às DCNT. Uma das ações propostas pelo plano é a redução do consumo de sal pela população em geral, visto que o brasileiro consome praticamente o dobro da quantidade de sal recomendada pela Organização Mundial da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

As estratégias propostas para a redução do consumo de sódio no Brasil foram: Promoção da alimentação saudável (estímulo ao consumo de frutas, hortaliças e racionalização da utilização de sal como tempero). Realização de ações educativas visando a importância da redução da adição de sal nos alimentos para profissionais de saúde, manipuladores, fabricantes de alimentos e para população, e reformulação dos alimentos processados (BRASIL, 2018).

No Brasil, em novembro de 2010, com a renovação do Fórum de Alimentação Saudável, entre o Ministério da Saúde e a Associação Brasileira de Indústrias de Alimentos (ABIA), foi definido o compromisso pela redução voluntária do teor de sódio nos alimentos processados, como contribuição do setor produtivo às ações para a redução do consumo de sal/sódio no Brasil, cujo objetivo é a redução do consumo de para abaixo de 5g de sal *per capita* diários (equivalentes a 2000mg de sódio) até 2020 (BRASIL, 2018).

Além disso, foram realizados acordos com a indústria para a redução do teor das gorduras *trans* e, recentemente, novos acordos voluntários de metas de redução de sal em 10% ao ano até 2022, em massas instantâneas, pão de forma industrializado, bisnaguinha industrializada, pão francês, bolo pronto sem recheio, bolo pronto recheado, rocambole, misturas para bolo aerado, bolo cremoso, salgadinhos de milho, batatas fritas e palhas, biscoito doce, biscoito salgado, biscoito doce recheado, caldos líquidos e em gel, caldos em pó e em cubos, temperos em pasta, temperos para arroz, demais temperos, queijo muçarela, requeijão, hambúrgueres, linguiça cozida (conservada em temperatura ambiente), linguiça cozida (conservada em refrigeração), linguiça frescal, mortadela (conservada em refrigeração), mortadela (conservada em temperatura ambiente), salsicha, presuntaria, empanados, sopas individuais/instantâneas (IDEC, 2014; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

Desde o início da pesquisa envolvendo a redução de sódio, diferentes sais foram propostos e testados como sais substitutos ao NaCl, entre esses: cloreto de magnésio (MgCl_2), cloreto de cálcio (CaCl_2) e cloreto de potássio (KCl). Em relação aos outros, KCl é o que apresenta melhor correspondência sensorial, além de promover efeitos nutricionais positivos (CEPANEC et al., 2017) quando comparado ao sódio, *i.e.*, sua baixa correlação com a hipertensão arterial. A baixa ingestão de potássio associada a alta relação plasmática Na^+/K^+ apresenta forte associação dose-resposta com a hipertensão arterial (DU et al., 2013). Assim, em relação ao apelo à saúde, o potássio é a melhor escolha para substituir o sódio, principalmente nos casos relacionados à alta incidência de hipertensão.

No entanto, apesar da maior similaridade sensorial do KCl em relação ao NaCl — quando comparado ao MgCl_2 e ao CaCl_2 — diferenças consideráveis ainda são reconhecidas entre os sais. Tecnicamente, observam-se alterações na velocidade das reações enzimáticas e no efeito conservante. Sensorialmente, o cloreto de potássio é reconhecido presença de gostos desagradáveis como amargo e metálico (Thibaudeau, Roy e St-Gelais, 2015; Wu et al., 2016; Yotsuyanagi et al., 2016). A principal estratégia utilizada para corrigir os defeitos sensoriais do KCl é a sua combinação com realçadores de sabor para melhorar seu gosto salgado e mascarar outros sabores indesejáveis. Entre esses, os mais utilizados são: glutamato monossódico, inosinato de sódio, guanilato de sódio, hidrolisado proteico vegetal e ácido guanílico.

Em molhos de tomate industrializados, Yonamine *et al.*, (2005) encontraram um elevado teor de sódio 325 - 488 mg por 100g de produto. Silva; Coutinho e Azevedo, (2015) que avaliaram o teor de sódio em molhos de tomate comerciais no Brasil, a faixa de sódio encontrada foi ainda mais ampla, como pode ser observado na Tabela 2. Enquanto Huynh e Danhi (2016), realizaram um estudo piloto para determinar a concentração de sódio ideal em molhos de tomate por consumidores do produto e encontraram valor médio de 1280mg/100g do produto.

Para o uso de alegações no rótulo de baixo, muito baixo e isento de sódio, os alimentos prontos para o consumo devem fornecer no máximo 120mg, 40mg e 5mg de sódio por 100g ou ml, respectivamente. A INC, também chamada de declaração de propriedade nutricional ou de alegação nutricional, exige redução ou aumento de no mínimo 25% na quantidade do nutriente objeto da INC comparativa, ou seja, para alegação de molho de tomate com redução de sódio, uma redução mínima de 25% do teor de sódio do produto original deve ser realizada (ANVISA, 2017).

Tabela 2. Teor de sódio em molhos de tomate comerciais brasileiros.

Produto	Sódio/Porção de 60 g	Sódio/Porção de 100g
Cêpera mama d`oro Pizza	521 mg	868,33 mg
Cêpera mama d`oro	473 mg	788,33 mg
Tomador premium pizza	398 mg	663,33 mg
Quero bolonhesa	367mg	611,66 mg
Predilecta ervas finas	363 mg	605,00 mg
Quero pizza	358 mg	596,66 mg
Bonare hot dog	351 mg	585,00 mg
Tomador hot dog	351 mg	585,00 mg
Predilecta atum	328 mg	546,66 mg
Predilecta champignon	320 mg	533,33 mg
Fugini ervas finas	312 mg	520,00 mg
Quero tradicional	311 mg	518,33 mg
Cêpera parmegiana	295 mg	491,66 mg
Pomarola ervas finas	292 mg	486,66 mg
Tomador bolonhesa	290 mg	483,33 mg
Pomarola manjericão e Azeite	285 mg	475,00 mg
Pomarola salsa com cebolinha	285 mg	475,00 mg
Pomarola tradicional	280 mg	466,66 mg
Tomador manjericão	266 mg	443,33 mg
Predilecta bolonhesa	264 mg	440,00 mg
Fugini bolonhesa	247 mg	411,66 mg
Predilecta manjericão	243 mg	405,00 mg
Bonare tradicional	240 mg	400,00 mg
Bonare light	187 mg	311,66 mg
Predilecta tomate seco com cenoura	176 mg	293,33 mg
Predilecta pizza	130 mg	216,66 mg
Predilecta light	121 mg	201,66 mg
Predilecta tomate com legumes	111 mg	185,00 mg
Fugini zero	10 mg	16,66 mg

Fonte: Silva, Coutinho e Azevedo, 2015.

3.3.1 Cloreto de potássio

O Potássio na forma de cloreto de potássio (KCl) já possui aplicação na clínica médica como material injetável destinado ao tratamento de hipocalcemia, alcalose metabólica, e intoxicações digitálicas (BEERS, 1997). Também o KCl, é tido como o sal de escolha para repor estoques de potássio exauridos por diuréticos tiazídicos ou de alça, por diarreia intensa e pelo uso de corticosteroides, em consequência de doenças das suprarrenais ou nas doenças

tubulares renais. Pode também ser usado em pacientes nos quais a depleção de potássio representa risco elevado, como pacientes cirróticos ou digitalizados (BRUNTON; CHABNER; KNOLLMANN, 2012).

A carência dietética de potássio, assim como o consumo exacerbado de sódio, são comuns em dietas modernas. A principal consequência disso é o aumento da pressão arterial. Um dos mecanismos que descreve esse aumento é mostra que a deficiência dietética de potássio ativa o cotransportador $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ sensível à tiazida, mesmo em situações onde ocorre alta ingestão de NaCl , causando retenção de sódio e assim promovendo aumento da pressão arterial (TERKER et al., 2015). Assim, uma nova utilização para o KCl tem emergido quando comercializado na forma de sal hipossódico, para fim alimentar. Segundo à ANVISA na portaria nº 54, de 04 de julho de 1995 como “produto elaborado a partir da mistura de cloreto de sódio, cloreto de potássio e iodo com outros sais, de modo que a mistura final mantenha poder salgante semelhante ao do sal de mesa fornecendo, no máximo, 50% do teor de sódio na mesma quantidade de cloreto de sódio” (ANVISA, 1995).

O cloreto de potássio (KCl) é o principal substituto do cloreto de sódio utilizado na reformulação de alimentos (BAMPI et al., 2016), apresentando aproximadamente 80% da capacidade de salgar, contudo, se utilizado em grande quantidade, apresenta sabor metálico e amargo, o que restringe a substituição total ou em grande proporção do cloreto de sódio (CRUZ et al., 2011). Muitos trabalhos desenvolveram diferentes tipos de alimentos com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio: Salsichas Bologna (CAMPAGNOL; ESPINDOLA; et al., 2012); Bacon defumado (WU et al., 2015); salame (RIBEIRO et al., 2014); queijo halloumi (TOUFEILI et al., 2012); mortadela (HORITA et al., 2011) e queijo minas frescal (FARIA et al., 2011). Observou-se em todos os trabalhos, a nível sensorial, a existência de uma proporção adequada para as substituições dos sais a fim de preservar a aceitação e as características dos produtos desenvolvidos.

Feltrin et al., (2015) testaram vários substituintes de NaCl em solução aquosa por meio do método de equivalência de gosto salgado utilizando a metodologia de estimativa de magnitude (STONE; OLIVER, 1969), e os valores encontrados de potência do gosto salgado de: cloreto de potássio, glutamato de monossódico, fosfato de potássio, lactato de cálcio e lactato de potássio (comparados à uma solução aquosa de cloreto de sódio a 0,75%), foram 74,75%, 59,52%, 60,48%, 11,40% e 4,96% respectivamente.

Uma avaliação posterior dos perfis sensoriais temporais dos sais substitutos (cloreto de potássio, glutamato de monossódico, fosfato de potássio, lactato de cálcio e lactato de potássio) revelou que o gosto salgado era percebido no início do consumo, porém, outros gostos, incluindo amargo, ácido, umami e um sabor indesejável não identificado, eram percebidos após a sensação do gosto salgado (FELTRIN *et al.*, 2015). O cloreto de potássio foi o único que apresentou perfil sensorial temporal análogo ao do cloreto de sódio, e com menor produção de sabores indesejados (BANNWART; PINTO E SILVA; VIDAL, 2015).

3.3.2 Realçadores de sabor

3.3.2.1 Glutamato monossódico

O glutamato monossódico (GSM) é a principal substância responsável pelo gosto umami (PHAT; MOON; LEE, 2016). O mesmo é conhecido mundialmente por melhorar o sabor dos alimentos, realçando o sabor de carnes e vegetais, sopas e molhos (MALULY; ARISSETO-BRAGOTTO; REYES, 2017; YAMAGUCHI; NINOMIYA, 2018). Sais de ácido glutâmico foram descobertos pela primeira vez em 1908, quando o professor Kikunae Ikeda, um cientista japonês identificou e isolou o gosto “umami” atribuído ao ácido glutâmico, ele classificou o umami como quinto gosto básico, se juntando ao gosto doce, ácido, salgado, e amargo (JINAP; HAJEB, 2010).

GSM é o sal sódico do ácido glutâmico que atua como um realçador de sabor. Amplamente utilizado em alimentos, visa intensificar por meio do ácido glutâmico, sabores relacionados ao gosto salgado. O glutamato ocorre naturalmente em alimentos proteicos, como carnes, frutos do mar, ensopados, sopas e molhos (RANGAN; BARCELOUX, 2008).

O *Codex Alimentarius* classifica o glutamato e seus principais sais, glutamato monossódico, glutamato monopotássico, diglutamato de cálcio, glutamato monoamônio e diglutamato de magnésio, como intensificadores de sabor (CAC, 2018). Geralmente, na produção de alimentos industrializados adiciona-se GSM na concentração de 0,1-0,8%, o que é semelhante à concentração de glutamato livre em tomates ou parmesão (BEYREUTHER *et al.*, 2007). Em diversos trabalhos observa-se a versatilidade da adição de GSM nos alimentos, como: caldo de galinha (DAGET; GUION, 1989), hambúrguer com carne de peixe (QUADROS *et al.*, 2015); rissole de carne de porco (GAO; ZHANG; ZHOU, 2014); salsicha (PAULSEN *et al.*, 2014) e queijos (GRUMMER *et al.*, 2012).

3.3.2.2 Guanilato Dissódico

Segundo o Comitê de Especialistas da FAO/WHO em Aditivos Alimentares – JECFA (1993), o guanilato dissódico, também conhecido como 5'-Guanilato dissódico, é o sal dissódico do intensificador de sabor monofosfato de guanosina (GMP). Apresenta-se como um pó cristalino, inodoro, incolor ou esbranquiçado, normalmente utilizado em sinergia com o glutamato monossódico. É ainda um aditivo alimentar que pode ser usado segundo as boas práticas de fabricações delineadas no preâmbulo do Codex GSFA (General Standard for Food Additives), em diversos gêneros alimentícios entre eles: embutidos, aperitivos, sopas instantâneas, molhos, pratos prontos e queijos processados (CAC, 2018).

3.3.2.3 Inosinato Dissódico

Segundo o Comitê de Especialistas da FAO/WHO em Aditivos Alimentares – JECFA (1993), o inosinato dissódico, também conhecido como Disodium inosine-5'-monophosphate, é o sal dissódico do intensificador de sabor inosina monofosfato (IMP), encontrado em forma de um pó cristalino, inodoro, incolor ou esbranquiçado, normalmente usado em sinergia com o glutamato monossódico e o guanilato dissódico. Também pode ser usado segundo as boas práticas de fabricações delineadas no preâmbulo do Codex GSFA (General Standard for Food Additives), em diversos gêneros alimentícios entre eles: embutidos, aperitivos, sopas instantâneas, molhos, pratos prontos e queijos processados (CAC, 2018).

3.4 Análise Sensorial

Compreender as causas que direcionam a escolha de certos alimentos em relação a outros pelos consumidores é um desafio para os pesquisadores da área de alimentos, pois os consumidores não detêm de conhecimento técnico e na maioria das vezes se expressam de forma intuitiva e pessoal (DONOGHUE, 2000). Com isso, a forma de processar seus dados e assim interpretar suas preferências pode ser a chave para o sucesso de produtos alimentícios (ASTROM, GOLDMAN E HEINIO, 2006).

Os testes sensoriais têm evoluído com o desenvolvimento humano, desde seu início onde humanos primitivos avaliavam a viabilidade de um alimento colhido ou armazenado, quando de forma sistemática passaram a utilizar os órgãos do sentido para determinar a viabilidade de alimentos, água, abrigo e tudo que poderia ser usado ou consumido. Contudo, o surgimento da comercialização gerou a necessidade de se realizar testes sensoriais um pouco

mais formais, como por exemplo os mercadores, que retiravam pequenas amostras de um carregamento e provavam afim de melhor conhecer as mercadorias negociadas (TEIXEIRA, 2009). Com o tempo, foram desenvolvidas técnicas para classificar vinhos, chás, cafés, manteigas, peixes e carnes, alguma delas permanecem até hoje (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2016).

Na Contemporaneidade, a análise sensorial, também denominada avaliação sensorial, é definida como a ciência que estuda as formas de medir, analisar e interpretar as reações das pessoas aos produtos percebidos pelos sentidos da visão, olfato, tato, paladar e audição. O valor da ciência reside no uso de um número limitado de consumidores para chegar a decisões que podem ser extrapoladas para populações maiores com confiança (STONE, 2018). A análise sensorial tem aplicabilidade em diferentes etapas da produção e comercialização de um alimento, que vão dos processos de fabricação aos estudos de vida de prateleira e comercialização (DUTCOSKY, 2013; VIDIGAL *et al.*, 2015). As metodologias sensoriais podem ser divididas em três grandes grupos: métodos discriminativos, métodos analíticos ou descritivos e métodos afetivos. Onde cada grupo abrange diferentes testes, com objetivos específicos e conjunto de provadores distintos (TEIXEIRA, 2009).

Os testes sensoriais discriminativos ou de diferença são considerados métodos objetivos que possuem como característica minimizar o hedonismo dos provadores. Os atributos são avaliados pela discriminação simples, indicado por comparações, e os dados gerados visam indicar se existem ou não diferenças estatísticas entre amostras. Os testes discriminativos ou de diferença mais empregados em análise sensorial são o triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla ou diferença do controle (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008).

Os testes sensoriais analíticos ou descritivos descrevem os atributos ou parâmetros sensoriais que são percebidos nas amostras, podendo analisar de modo estático ou dinâmico (DEVEZEAUX DE LAVERGNE *et al.*, 2015). Os testes descritivos são agrupados em dois grandes grupos: metodologias clássicas (representada principalmente pela ADQ) e metodologias rápidas (ARES, 2015). Na via clássica, destacam-se as metodologias Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e Análise Tempo-Intensidade (TI). Apesar da primeira utilizar abordagem estática e a segunda dinâmica, tais metodologias conservam características semelhantes como:

1 – Utilização de métodos para levantamento de atributos, como *repertory grid* onde a equipe sensorial define previamente os termos relativos às propriedades mais relevantes do produto e sua sequência os avaliam.

2 – Utilizam equipe de provadores aprovados em testes de aptidão sensorial básica, como teste triangular e duo-trio.

3 – Os provadores aptos recebem treinamento em relação ao uso da escala e das referências, e após o treinamento são avaliados estatisticamente quanto a sua repetibilidade e reprodutibilidade.

4 – As análises são realizadas geralmente em triplicatas ou quadruplicatas.

A fim de melhor complementar os perfis descritivos dos produtos, é comum combinar as metodologias ADQ e TI (ALBERT *et al.*, 2011). Essas metodologias são características por seus resultados consistentes, robustos e reprodutíveis, gerando resultados detalhados acerca de atributos presentes nas amostras (CADENA; BOLINI, 2011; LAWLESS; HEYMANN, 2010; TAYLOR; PANGBORN, 1990). Contudo, o rigor metodológico proposto nas abordagens clássicas possuem como características negativas a dispendiosidade e a laboriosidade, o que estimulou o desenvolvimento das metodologias descritivas classificadas neste estudo como rápidas (LAWLOR, 2014).

Na prática industrial cotidiana, a necessidade de informação descritiva é agora muito diversificada, e os serviços sensoriais são frequentemente sobrecarregados com demandas de partes interessadas que podem ter múltiplos objetivos. Assim, as metodologias descritivas rápidas surgem com intuito de agilizar o processo de avaliação e conseguir a grande demanda por velocidade e inovação do mercado alimentar. Dentre os diversos métodos desenvolvidos destacam-se: Flash Profile, Check All That Apply, Temporal Dominance of Sensations, Temporal Check All That Apply, Polarized Sensory Positioning e Temporal Liking (ARES; VARELA, 2018; BREDIE *et al.*, 2017; CASTURA *et al.*, 2016; GALMARINI; VISALLI; SCHLICH, 2017; MEYNNERS, 2016a; VIDAL *et al.*, 2018). As seguintes características em comum são encontradas nas metodologias rápidas:

1 – Podem utilizar painel de consumidores.

2 – Dispensam treinamento.

3 – Se realizados com consumidores, utilizam “n” amostral grande ($n > 50$), dispensando replicatas.

Os testes afetivos são uma importante ferramenta, pois obtém diretamente a opinião (preferência ou aceitação) do consumidor em relação a ideias, características específicas ou globais de determinado produto, sendo, por isso, também denominados testes de consumidor. Os dados da aceitação geralmente são usados indiretamente para indicar a preferência do consumidor, por meio de análises estatísticas (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012).

3.4.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A Análise Descritiva Quantitativa surgiu como uma possibilidade de caracterizar produtos, permitindo assim que produtos semelhantes pudessem ser analisados de forma minuciosa, aferindo seus atributos e assim permitindo uma visualização das semelhanças e diferenças. E com isso, ao se correlacionar com os dados de aceitação, fica melhor evidente quais atributos são relevantes e que consequentemente causam maior impacto na aceitação de um produto (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012).

A princípio a ADQ agrupa os atributos em quatro grupos relacionados aos órgãos do sentido: sabor, textura, aparência e aroma (CIVILLE; CARR, 2015). Os atributos são escolhidos através de metodologias de triagem como o Kelly's Repertory Grid (método de Rede) (BRUZZONE *et al.*, 2015). A ideia consiste em produzir um perfil sensorial com alto grau de detalhamento, como por exemplo no estudo de Cadena *et al.*, (2014) que avaliando iogurtes funcionais encontrou os seguintes descritores: gosto doce, gosto azedo, sabor de leite, sabor baunilha, sabor doce residual e sabor azedo residual

A ADQ é versátil e sua aplicação pode ser feita em produtos comerciais, ingredientes, processos de desenvolvimento e armazenamento, determinação da vida útil de prateleira, visualização de diferenças sensoriais em produtos concorrentes, verificação do perfil sensorial de produtos em desenvolvimento, controle de qualidade de produtos industriais e obtenção de dados que se correlacionem com propriedades físico-químicas (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2016).

Devido ao maior grau de precisão e refino, a ADQ, utiliza um menor número de provadores — 8 à 12 geralmente —, onde a fim de garantir maior confiabilidade os mesmos passam por um processo pré-seleção, levantamento de termos descritores, reuniões de consenso,

treinamento e seleção (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012). A análise estatística de dados resultantes de testes sensoriais tem aproximado os resultados de medidas sensoriais com resultados de medidas instrumentais, isso aumenta a confiabilidade e a precisão dos testes sensoriais (BETT *et al.*, 1993).

Utiliza-se vários procedimentos estatísticos para análise de dados oriundos de testes sensoriais, entre eles histograma de frequência, análise de variância (ANOVA) e análises multivariadas. A análise de componentes principais (ACP) representa uma das principais análises multivariada aplicada em testes sensoriais (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012).

ACP objetiva transformar um grande conjunto de variáveis em um conjunto menor de variáveis independentes, realçando uma estrutura subjacente que possa existir em um grande conjunto de dados. Possibilitando a visualização da relação de um grande número de variáveis em dimensões denominadas fatores (componentes), que permitem explicar a variação (em %) dos dados observados (VARELLA, 2008).

3.4.2 Análise Tempo – Intensidade

O tempo é reconhecidamente importante na música e nos esportes, porém também é unidade fundamental no consumo de alimentos e bebidas (LUCIA *et al.*, 2004; LYTRA *et al.*, 2016). O papel do tempo em relação aos alimentos é evidenciado nas mudanças que ocorrem no sabor, aroma e textura durante a degustação. A apreciação do amargor da cerveja, do frutado em doces, da condimentação de embutidos, está fortemente relacionada às características temporais desses estímulos (DIJKSTERHUIS; PIGGOTT, 2000).

Na TI os provadores são continuamente monitorados. O software é encarregado de coletar e armazenar toda a variação da resposta gerada pelo estímulo, desde o início da análise (momento em que colocam o alimento na boca) até o final (após a deglutição ao ouvir o sinal sonoro soado pelo programa). Como essa análise também utiliza um número reduzido de provadores — 10 a 12 —, é necessária etapa de pré-seleção e monitoramento dos provadores, através de análise de consenso e de valores de repetibilidade e discriminação das amostras. O analista sensorial está apto para quantificar as contínuas mudanças na percepção que ocorrem no respectivo atributo ao longo do tempo previamente determinado (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

Os dados oriundos da Análise tempo-intensidade são expressos geralmente na forma de curvas tempo x intensidade que mostram as variações da intensidade em relação ao tempo durante a percepção sensorial do provador (DIJKSTERHUIS; PIGGOTT, 2000). Vários parâmetros podem ser extrapolados a partir destas curvas, e entre eles os mais explorados em análise sensorial são a intensidade máxima, tempo de intensidade máxima, área total da curva e tempo total (CADENA; BOLINI, 2011; GOODSTEIN *et al.*, 2014; SOKOLOWSKY; FISCHER, 2012), que permitem a avaliação objetiva das mudanças temporárias, bem como a comparação entre as curvas TI obtidas para diferentes produtos, provadores ou sessões (LORIDO *et al.*, 2015).

3.4.3 *Check All That Apply*

O questionário CATA permite que os consumidores selecionem os atributos que são relevantes para eles em relação a um produto, diferente da ADQ eles não são forçados a selecionar e marcar atributos que não reconhecem. Desta forma CATA foi relatado como mais intuitivo, mais amigável ao consumidor e com impacto mínimo na percepção do consumidor sobre o produto e, portanto, minimiza o processamento cognitivo (NG; CHAYA; HORT, 2013).

O questionário CATA é um formato de perguntas nas quais os respondentes são apresentados a uma lista estruturada de termos e solicitados a selecionar todos aqueles que se aplicam à amostra focal (JAEGER *et al.*, 2015). A principal vantagem de um questionário CATA é que ele permite que vários atributos sejam selecionados, uma análise em conjunto, não havendo a limitação de individualizar a resposta ou desviar a atenção e avaliar atributos específicos (DOS-SANTOS *et al.*, 2015).

Uma vez que o CATA se trata da seleção de atributos percebidos, contidos em uma lista finita de descritores, pode-se utilizar inicialmente o teste Q de Cochran por se tratar de respostas binárias de um experimento em blocos não repetidos. E assim como as metodologias clássicas, pode-se avaliar os resultados do CATA junto ao teste de consumidores, por meio do mapa externo de preferencias (PARENTE, 2011).

3.4.4 *Temporal Dominance of Sensations*

A metodologia TDS foi criada no *Centre Européen des Sciences du Goût*, mais precisamente no laboratório LIRIS em 1999, sendo apresentada a comunidade científica no *Pangborn Symposium* por Pineau, Cordelle e Schlich no ano de 2003 (RODRIGUES, 2017). O

princípio do método consiste em avaliar a sequência de sensações dominantes de um produto em um intervalo de tempo, assim o teste identifica a evolução (início, meio e fim) das sensações presentes no produto. Os provadores são instruídos a marcar o atributo que está exercendo dominância sobre o outro e mantê-lo selecionado até que uma nova sensação assuma a dominância (PINEAU *et al.*, 2009). O termo “Dominante” é definido para os provadores como a sensação que atrai mais atenção, sendo a mais marcante naquele momento, não se tratando necessariamente da mais intensa (ESMERINO *et al.*, 2017).

A característica que melhor define o TDS quando comparado a outras metodologias descritivas, é o seu perfil de avaliação do tipo multiatributo e de dominância, ou seja, o teste permite avaliar todos atributos em simultâneo aplicando o conceito de dominância ao invés da abordagem de intensidade clássica. O TDS é uma metodologia versátil e sua utilização foi exitosa em diferentes tipos de produtos como: vinhos tintos parcialmente desalcoolizados, amargor em vinho branco, azeites extra virgem oriundos de diferentes regiões da Itália, palitos de peixe e chocolates com diferentes teores de cacau (ALBERT *et al.*, 2012; DINNELLA *et al.*, 2012; MEILLON; URBANO; SCHLICH, 2009; RODRIGUES, F. M. *et al.*, 2016; SOKOLOWSKY; FISCHER, 2012).

Rotineiramente os dados coletados durante o TDS são: nome da sensação dominante, momento (tempo) em que a dominância foi detectada e duração da dominância, assim os dados são representados em curvas, denotando a taxa de dominância de cada sensação ao decorrer do tempo estipulado pela amostra (PINEAU *et al.*, 2009). O tempo total de amostra pode ser determinado previamente pelos pesquisadores, ou pode ser livre. Na segunda forma é considerado fim do teste quando o marcador “Nenhuma sensação” é selecionado pelo provador. Assim o eixo x representa o curso do tempo de teste (segundos) enquanto o eixo y representa a taxa de dominância das sensações. Além disso duas linhas — chance e significância — são plotadas para auxiliar a interpretação dos resultados. A linha chance marca o limite da probabilidade de um atributo ter sido marcado ao acaso, já a linha de significância corresponde ao valor mínimo para o atributo em questão ser considerado como sendo significativamente dominante (CORRÊA *et al.*, 2015).

3.4.5 Teste de Aceitação

A Análise de Aceitação é uma metodologia tradicional, que se mostra valiosa e presente em praticamente todos os estudos sensoriais realizados. A classificação hedônica

representa uma característica natural da resposta humana aos alimentos e seus estímulos. Envolve o gostar e desgostar de uma pessoa, influenciando diversas atitudes, como: preferência entre dois ou mais produtos, aceitação de produtos, frequência de consumo e intenção de compra (MOSKOWITZ, 1983). A análise de aceitação tem como objetivo obter informações importantes e relevantes dos consumidores de um determinado produto, refletidas no grau em que os consumidores gostaram ou desgostaram de tal produto (STONE.; BLEIBAUM; THOMAS, 2012).

Os consumidores podem ser claros sobre quais produtos gostam e não gostam, contudo nem sempre são capazes de descrever especificamente por que gostam ou não de um produto (STOKES; O'SULLIVAN; KERRY, 2017). Além disso, quando os dados da aceitação são analisados por técnicas estatísticas uni variadas, assume-se que o critério de aceitabilidade dos consumidores seja homogêneo, o que implica que os valores obtidos desta forma, podem não refletir a média real. Por esta razão a variabilidade individual dos dados deve também ser considerada, e a estrutura dos dados analisada. Tais análises podem ser realizadas pelo método estatístico denominado Mapa de Preferência Interno (CARDELLO-BOLINI E FARIA, 2000).

O mapa de preferência interno (MDPREF) é uma importante ferramenta para identificar a preferência individual do consumidor ou de um grupo de consumidores em relação aos outros, algo que não é possível através dos testes de médias (MACFIE e THOMSON, 1988). Nesse caso, os critérios avaliados são identificados como dimensões que ocupam posições ortogonais em uma representação gráfica. Assim, permitem que as amostras sejam representadas como pontos e os consumidores com critério principal de preferência, como vetores. Aliada à análise de variância e testes de médias, o Mapa de Preferência Interno pode complementar a análise de aceitação de um produto, explicando as preferências dos consumidores, que tornam-se assim informações valiosas (CARDELLO; SILVA; DAMÁSIO, 2006).

A análise de regressão de mínimos quadrados parciais (Partial Least Squares Regression – PLSR) correlaciona os dados obtidos pelo teste de aceitação com os dados obtidos pelos testes descritivos do consumidor. Por meio desta relação entre dados descritivos sensoriais e dados hedônicos, as características sensoriais associadas com o produto ideal para os consumidores podem ser identificadas (DE MELO, 2008). A Regressão por Mínimos Quadrados Parciais é uma técnica útil na análise de preferência do consumidor, que generaliza e combina características da análise de componentes principais (ACP) e regressão múltipla

(ABDI; WILLIAMS, 2013). Para essas correlações, é importante que os produtos testados estejam em número suficientemente grande e sejam diferentes entre si (THYBO; KÜHN; MARTENS, 2004).

3.4.6 Teste de Aceitação Temporal.

A percepção da intensidade dos atributos varia em relação ao tempo, e como consequência a isso a aceitação também se comporta dinamicamente (MEYNER, 2016b). Desta forma a metodologia Aceitação Temporal (TA), pode ser aplicada a fim de produzir notas de aceitação em diferentes pontos do tempo e assim permitir uma correlação temporal com dados obtidos das metodologias TDS e TI.

O teste de aceitação temporal, assim como o teste de aceitação clássico, pede que o consumidor determine o quanto ele gosta ou desgosta dos parâmetros intrínsecos dos produtos como: aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. Contudo, diferente do teste clássico que avalia apenas o momento imediatamente posterior ao consumo, o teste temporal pede que o consumidor refaça a avaliação em momentos padronizados após a ingestão.

3.4.7 Teste do ideal (Just-about-right/JAR)

A escala do ideal é um dos métodos sensoriais mais utilizados para se mensurar a quantidade ideal de um determinado componente a ser adicionado para provocar a melhor aceitação e preferência de um grupo de provadores (ESMERINO *et al.*, 2013). A escala do ideal é um dos métodos mais utilizados devido a sua validade e confiabilidade que os resultados apresentam (POPPER *et al.*, 2004). Na determinação da concentração ideal, a equipe de provadores avalia as amostras e registra suas respostas em escala específica, indicando o quão ideal estas amostras estão, em relação ao atributo que se deseja avaliar, como por exemplo, a doçura ou gosto salgado (ESMERINO, *et al.*, 2013; VICKERS, 1988).

Os dados obtidos por teste do ideal são normalmente submetidos a análises estatísticas como regressão linear simples, e também gráficos de distribuição (em porcentagem), onde as respostas sensoriais se encontram em função da concentração do componente que varia (CARDOSO; BATTOCHIO; CARDELLO, 2006).

3.5 Eletroencefalografia

Os potenciais elétricos cerebrais possuem uma frequência particular de acontecimentos, isso ocorre pela alteração do potencial de membrana de populações de neurônios. O fluxo elétrico produzido pelos potenciais pós-sinápticos a partir dos potenciais de ação dos axônios, funcionam como uma rede de transferência de informação que integra os neurônios conectados (BONINI-ROCHA *et al.*, 2008). A teoria da polarização clássica diz que eventos extrínsecos promovem a propagação de corrente elétrica de um determinado axônio para os dendritos da fenda conseguinte (GANONG, 2003).

A eletroencefalografia (EEG) é uma técnica que monitora os sinais elétricos cerebrais, pela captação dos sinais bioelétricos da superfície do couro cabeludo, utilizando pares de eletrodos com ventosas e pasta condutora, não sendo invasivo ao paciente. Assim a EEG é formada geralmente por 20 eletrodos posicionados em regiões específicas, correspondentes as regiões de interesse do cérebro, como frontal, temporal e parietal amplificadores de sinal (contendo filtros compatíveis), dispositivo para aquisição de dados e um sistema de processamento de sinais (CANTARELLI ; STEVAN-JR, 2016).

Classicamente EEG é utilizado em diagnostico de condições patológicas cerebrais como hemorragias, tumores, isquemia, abuso de álcool e drogas, cefaleias e enxaquecas, epilepsia e distúrbios do sono (como narcolepsia). Porém como o cérebro integra diversos estímulos, o eletroencefalograma pode ser extrapolado para produzir respostas coerentes dos estímulos gustatórios básicos, doce, salgado, amargo, ácido e umami, a aplicação da metodologia pode-se mostrar valida visando correlacionar com dados de analise sensorial (ANDERSEN *et al.*, 2018; GONZALEZ VIEJO *et al.*, 2018; HASHIDA *et al.*, 2005).

O EEG já foi utilizado com êxito para avaliar o comportamento da estimulação neural de chicletes sem sabor e saborizados (YAGYU *et al.*, 1998), discriminação dos estímulos doce e salgado em solução aquosa (HASHIDA *et al.*, 2005), aceitação de cerveja (GONZALEZ VIEJO *et al.*, 2018), soluções adoçadas com sacarose e edulcorantes (ANDERSEN *et al.*, 2018).

ARTICLE 1: THE IMPACT OF SODIUM REDUCTION AND FLAVOR ENHANCERS ADDITION ON THE CLASSICAL AND CONSUMER-BASED SENSORY PROFILING OF TOMATO SAUCE.

Elson Rogério Tavares Filho¹, Erick Almeida Esmerino², Alessandra Cazzelato Lins da Silva¹, Helena Maria André Bolini¹.

¹State University of Campinas (UNICAMP), Food and Nutrition Department, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, s/n, Campinas, São Paulo, Brazil, 13083-862

² Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ) - DTA, Seropédica – RJ- 23.890-000, Brasil.

Author for correspondence:

Elson Rogério Tavares Filho.

State University of Campinas – FEA, Food and Nutrition Department

80 Monteiro Lobato (St), Campinas, São Paulo, Brasil, Zip code: 13083862

Tel: +55 (19) 3521-4059

elsontavares@live.com

ABSTRACT

An increase in the demand for lower-sodium foods which provide health benefits or prevent diseases, has contributed to the reformulation of processed foods. The objective of this work was to reduce the sodium content in tomato sauce by 50% and assess its impact on the sensory profile. In order to develop a healthier tomato sauce with reduced sodium content and preserve both sensory and commercial characteristics, the current work used methodologies of sensory analysis: Just About Right (JAR), Time-Intensity (TI), Quantitative Descriptive Analysis (QDA), Check All That Apply (CATA) and Acceptance Test. Samples of MSG and IMP presented the most similar sensory profile when compared to the control sample (NaCl) and a greater difference among the samples KCl and LIS. MSG and IMP were also related to higher acceptance scores among consumers, which allowed a 50% sodium reduction without impairing sensory quality and acceptance. Flavor enhancers have been widely used to reformulate processed foods in order to reduce sodium content, while preserving sensory acceptance. Therefore, this study provides information on how different flavor enhancers affect the sensory profile of tomato sauce.

Keywords: Sodium reduction, flavor enhancers, sensory profiling, tomato sauce, consumer perception.

Practical applications: This study provides information on the use of potassium chloride and flavor enhancers to replace sodium chloride in tomato sauce. Developing a product suitable for the global trend of sodium reduction and preserving the sensory characteristics and acceptance by consumers.

1. INTRODUCTION

Flavor, practicality, extended shelf-life, and availability are factors that have increasingly boosting the consumption of processed foods (Moubarac et al., 2017). However, this has also promoted increased consumption of salt, sugar, and fat. Table salt is the main source of sodium in food, present on a large scale in processed foods such as tomato sauces. Webster et al., (2010) analyzed Australia's commercial tomato sauces and found on average 835mg per 100g of product, similar to the values encountered in Brazilian products — ranging from 443.33mg to 868.33 per 100g of product (Silva, A. S.; Coutinho, V. F.; Azevedo, 2015). Excess ingested sodium is related to hypertension, increased risk of heart disease, stroke, and chronic kidney disease.

Potassium chloride is the main salt used to replace sodium chloride because of its sensory and technological similarity. In addition, higher potassium intake is associated with improved blood pressure control (Fellendorf et al., 2016, Grummer et al., 2012, Du et al., 2013). Other strategies have been applied to improve sensory acceptance of products containing KCl, which aim to enhance its salty taste and mask undesirable flavors. Among these strategies, the combination of KCl with flavor enhancers can be highlighted (Dos Santos Alves et al., 2017; Felicio et al., 2016; Grummer et al., 2013).

The use of salt replacements and flavor enhancers represents a viable strategy to reduce the sodium content in food. However, this change must be followed by careful sensory monitoring (Campagnol et al., 2012; Dos Santos et al., 2015; Feltrin et al., 2015; Pietrasik and Gaudette, 2014). In this context, descriptive methodologies such as Quantitative Descriptive Analysis (QDA) (Stone and Sidel, 2012), which utilize trained assessors, produce robust and reliable results. However, irrelevant attributes might be raised by the consumers, also evidencing the need of a sensory characterization based on the consumer's perception (Stone and Sidel, 2012; Voorpostel et al., 2014). Among these methodologies the Check-All-That-Apply (CATA) questions can be highlighted for being practical and easily applicable (Coelho et al., 2016; Feltrin et al., 2015; Jorge et al., 2015). To evaluate the correlation between the descriptive methods, Multiple Factor Analysis (MFA) can be used. This multivariate approach verifies the similarity between different groups of variables from different methods as measured from the same set of samples. Visual inspection of maps and RV coefficient analysis are the main ways of assessing correlation and similarity between methods (Esmerino et al., 2017).

In this sense, the work aimed to: (1) elaborate tomato sauce samples with reduced sodium content to determine the ideal sodium concentration by the JAR test, and the equivalent concentrations of KCl and flavor enhancers by the equivalence test (time-intensity analysis), (2) determine the sample's sensory profile using "Quantitative Descriptive Analysis (QDA)" and "Check-All-That-Apply (CATA)", respectively, and (3) evaluate the sensory acceptance of the samples produced.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Tomato ingredients

Sauce ingredients can be seen in Table 1. The process of obtaining the sauce can be seen in the supplementary material.

Table 1: Concentration of ingredients of tomato sauce, except salty substances.

Ingredients	(%)
Canned peeled tomatoes (Fiamma®, Ottaviano - Italy)	60
Tomato sauce (Fiamma®, Ottaviano - Italy)	26.15
Fresh onion	10
Fresh garlic	0.75
Crystal Sugar (União®, Sertãozinho - Brazil)	1.25
Extra virgin olive oil (Hojiblanca®, Madrid - Spain)	0.5
Cornstarch (Maizena®, Moji-Guaçu - Brazil)	1.25
Dried oregano	0.025
Dried basil	0.025
Dried chive	0.025
Dried parsley	0.025
TOTAL	100%

2.2 Salts and flavor enhancers

Salts: Sodium chloride and potassium chloride (Synth®, São Paulo - Brazil). The flavor enhancers used were as follows: Monosodium Glutamate (MSG), Disodium Inosinate (IMP), Disodium Inosinate + Disodium Guanylate (I+G), AJI-100 "kokumi aroma" (Aji-100) [AJI-NO-MOTO®], Amino Acid Lysine (Lys) [Synth®, São Paulo - Brazil].

2.3 Tomato sauce elaboration

The tomato sauce was produced according to Monteiro (2008) with adaptations. The ingredients (Table 1) were kept in their original concentrations even after obtaining the ideal NaCl concentration, and the posterior determinations of the KCl concentrations associated with the flavor enhancers. The control sample (NaCl) was developed containing 0.87% of

sodium chloride as determined by the JAR test. The samples, containing potassium chloride and flavor enhancers (KCL + FE), and produced with a 50% sodium reduction (after equivalence test) are seen in Table 4.

2.3.1 Experimental design

In the first stage, the experiment was designed in order to determine the optimum sodium chloride concentration of the product; and the respective optimum KCl concentration, whether or not it is associated with flavor enhancers. From this data, it was followed by the second stage that characterized the samples produced in the first stage by the perception of assessors and consumers. The third stage consisted in verifying the acceptance of the product by consumers. The methodologies used in each stage can be seen in the Figure 1.

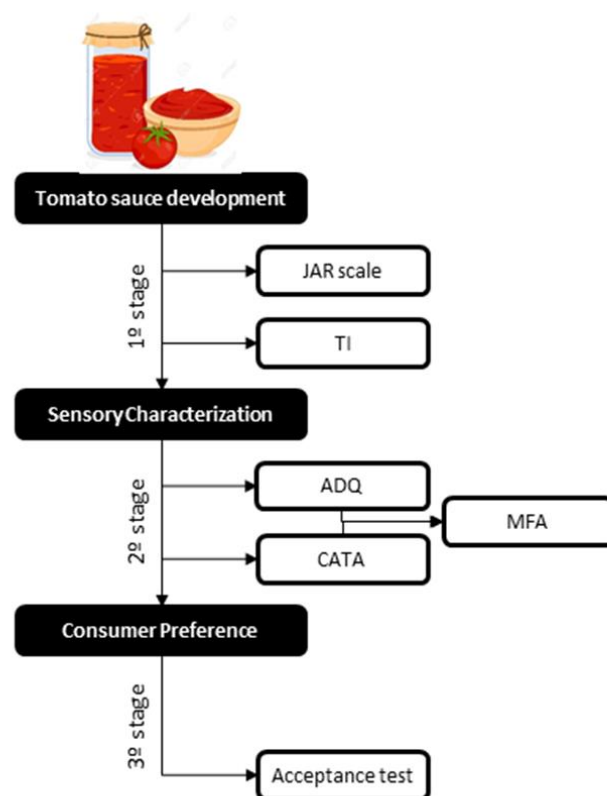


Figure 1. Design experimental.

2.4 Sensory Analysis

The samples were presented in monadic and balanced form, according to the methodology described by Macfie et al. (1989), disposed in plastic cups, white and disposable, of 50 mL, coded with 3-digit numbers, presented in randomized complete block design.

Participants were also provided with water and unsalted crackers for palate cleansing (Esmerino et al. 2017). The sensorial analyzes were conducted at the Laboratory of Sensory Science and Consumer Studies of Unicamp-Brazil (LCSEC / UNICAMP) in accordance with ISO standards 8589: 2007.

2.5 Just About Right Test

The ideal NaCl concentration to be added to the tomato sauce was determined by 120 consumers using the Just-About-Right scale (JAR) (Meilgaard, M. C.; Civille, G. V.; Carr, 2006). Five formulations of tomato sauce were prepared with different concentrations of sodium chloride (0.55%, 0.65%, 0.75%, 0.85%, 0.95% [m/m]). The median value (0,75%) was determined through estimates based on the NaCl concentrations in commercial sauces and on previous data (Monteiro, 2008; Silva ; Coutinho and Azevedo, 2015). The obtained results were converted with FIZZ Software (Biosystemes, Couteron, France), and analyzed by simple linear regression to determine the optimum NaCl concentration, as suggested by Vickers, (1988), utilizing the software Excel 2013 for Windows.

2.6 Time-Intensity Analysis

Twelve assessors performed the salty taste equivalence using Time-Intensity analysis. Five training sessions were conducted with two tomato sauce samples (0% and 1.2% [m/m] of sodium chloride) to represent the reference of a strong salty taste and null salty taste. The flavor enhancer concentrations utilized were chosen based on the literature and guides developed by food industries (Campagnol et al., 2012; dos Santos et al., 2014).

The following concentrations were utilized: Monosodium Glutamate (0.6%); Disodium Inosinate + Disodium Guanylate (0.03%), Disodium Inosinate (0.03%), AJI-100 “kokumi aroma” (0.03%) and Lysine (0.3%). The data obtained was evaluated by ANOVA and Tukey's range test utilizing the SAS System for Windows (Statistical Analysis System 2013) (Lorido et al., 2016).

2.7 Quantitative Descriptive Analysis

A new team of 12 evaluators was trained and selected to conduct ADQ. The selection criteria were: discrimination capacity ($p < 0.30$) and repeatability ($p > 0.05$). Nineteen descriptors were elicited using Kelly's repertory Grid: Red Color (RED), Brightness (BRI),

Apparent Viscosity (VIA), Sweet Aroma (SWS), Acid Aroma (ACS), Tomato Sauce Aroma (TSS), Condiments/Herbs Aroma (CHS), Sweet Taste (SWT), Acid Taste (ACT), Bitter Taste (BTT), Salty Taste (STT), Umami Taste (UMT), Residual Salty Flavor (SAR), Condiments/Herbs Flavor (CHF), Tomato Sauce Flavor (TSF), Metallic Flavor (MEF), Full-Bodied (FUL), Viscosity (VIS), Granularity/Presence of Particles (GRA). The data was submitted to ANOVA and Tukey's range test to the level of 5% of significance, using the SAS System for Windows (Statistical Analysis System) (2013).

2.8 Check-all-that-apply and Acceptance Test

The CATA questionnaire and the acceptance test were performed with the same group of 120 consumers. The samples were presented and the participants provided their hedonistic responses and then answered the CATA questionnaire (Jaeger et al., 2017). For CATA questions, they were instructed to check all terms describing the sample and for acceptance were instructed to evaluate the samples for appearance, aroma, taste, texture and overall liking. Jaeger et al., (2015b) hypothesized that performing the hedonistic scale test with CATA may increase the discriminatory power of CATA.

Using FIZZ software (Biosysteme, Couternon, France), a list — with the same 19 terms descriptors of QDA — was presented to consumers, randomizing the presentation to each taster. The presentation of the samples was balanced between participants following a Williams' Latin square experimental design (Esmerino et al., 2017), in which consumers were requested to check all the terms they considered appropriate to describe the tomato sauce (Cruz et al., 2013).

The mention frequency of each sensory attribute was determined and the Cochran's Q test was applied. To obtain the samples' sensory map, a Correspondence Analysis (CA) was applied to the contingency table. Then, the results from the acceptance test and CATA were grouped to generate an external preference map. The Correspondence Analysis and the external preference map, in the form of an acceptance zones map were generated with the software XLSTAT 2015.5 for Microsoft Excel (Addinsoft, Paris-France).

Acceptance was determined by utilizing a non-structured linear hedonic scale of 9-cm (Stone and Sidel, 2012). Consumers were instructed to evaluate the samples regarding appearance, aroma, flavor, texture and overall liking. The data obtained in the acceptance test

was submitted to ANOVA and Tukey's range test, which verified the occurrence of significant differences between averages ($p \leq 0.05$) (Meilgaard, M. C.; Civille, G. V.; Carr, 2006; Stone and Sidel, 2012).

2.9 Multiple Factor Analysis

The RV coefficient and the MFA were calculated using the cross-reference matrix and the first two dimensions of each methodology, in each possible combination. The RV corresponds to the correlation coefficient between two individual spaces, ranging from 0 (totally at odds) to 1 (perfect agreement) (Albert et al., 2011). The MFA and RV coefficient were calculated using the software XLSTAT 2019.1.3 (Addinsoft, 2019), which generated the map with spatial arrangement of the samples (Fonseca et al., 2016).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 JAR-Test

According to the consumer, the optimum concentration of NaCl was 0.87%. This value is higher than in North America (0.65%), however, it is very close to the Australian 0.83% and Brazilian commercial averages (Bielamowicz, 2017; Canada, 2008; Webster et al., 2010), confirming the desirability of high sodium content in tomato sauces.

3.2 Salty taste equivalence through Time-Intensity Analysis

The time intensity analysis was performed at two different times. Initially, the capacity of potassium chloride to produce salty taste in sauce samples without the use of sodium chloride was verified. It was observed that potassium chloride has 75% of the salting potential of sodium chloride, whether alone or associated with: monosodium glutamate, disodium inosinate, AJI-100 "kokumi aroma," and lysine.

When associated with a 50% / 50% mixture of disodium inosinate and disodium guanylate, potassium chloride has 60% of the salting potential of sodium chloride (Table 2). Feltrin et al., (2015), showed that potassium chloride has 75% of the salting capacity of sodium chloride.

Table 2: TI curve parameters of the samples with 50% NaCl replacement by KCl.

Sample	Concentration					
	870mg NaCl	870mg KCl	1160mg KCl	1450mg KCl	1740mg KCl	2320mg KCl
KCl						
IMAX	5.149 ^b	4.148 ^c	4.952 ^{b.c}	5.848 ^{b.a}	6.508 ^a	6.506 ^a
TIMAX	13.434 ^a	13.088 ^a	13.996 ^a	14.596 ^a	13.750 ^a	13.113 ^a
AREA	92.458 ^{b.c}	72.211 ^c	90.244 ^{b.c}	103.795 ^{b.a}	126.549 ^a	124.975 ^a
TTOT	32.161 ^{b.a}	29.199 ^b	30.126 ^{b.a}	30.647 ^{b.a}	33.559 ^a	32.774 ^{b.a}
KCl + 600 mg						
MSG						
IMAX	5.937 ^{c.b}	4.379 ^d	5.129 ^{c.d}	6.074 ^b	6.098 ^b	7.375 ^a
TIMAX	13.149 ^a	13.103 ^a	12.366 ^a	12.713 ^a	12.822 ^a	12.260 ^a
AREA	118.114 ^b	75.197 ^b	96.729 ^{c.b}	114.106 ^b	121.796 ^b	156.054 ^a
TTOT	34.042 ^{b.a}	31.002 ^b	31.933 ^{b.a}	32.488 ^{b.a}	33.138 ^{b.a}	35.312 ^a
KCl + 30mg						
AJITIDE I+G						
IMAX	5.848 ^c	4.349 ^d	4.643 ^d	6.154 ^{c.b}	6.700 ^b	7.534 ^a
TIMAX	12.937 ^a	12.210 ^a	12.358 ^a	12.016 ^a	12.475 ^a	11.743 ^a
AREA	114.302 ^b	67.676 ^c	83.942 ^c	121.463 ^b	132.135 ^{b.a}	152.217 ^a
TTOT	33.607 ^{b.a}	28.926 ^c	30.158 ^{b.c}	33.147 ^{b.a}	33.642 ^{b.a}	35.024 ^a
KCl + 30mg						
AJITIDE						
IMP						
IMAX	5.292 ^b	4.300 ^c	4.973 ^b	5.527 ^b	6.617 ^a	7.076 ^a
TIMAX	11.268 ^{b.a}	11.791 ^{b.a}	12.432 ^{b.a}	12.546 ^{b.a}	13.243 ^a	10.985 ^b
AREA	102.200 ^c	74.139 ^d	93.053 ^{d.c}	105.000 ^c	133.723 ^b	163.353 ^a
TTOT	31.211 ^{b.c}	27.924 ^c	31.262 ^{b.c}	32.239 ^{b.a}	32.930 ^{b.a}	35.628 ^a
KCl + 30mg						
AJI-100						
IMAX	5.088 ^c	4.223 ^d	4.833 ^{d.c}	5.908 ^b	6.419 ^b	7.786 ^a
TIMAX	11.986 ^a	11.017 ^a	11.490 ^a	11.930 ^a	11.930 ^a	11.953 ^a
AREA	93.154 ^{c.d}	70.529 ^d	85.357 ^{c.d}	111.866 ^{c.b}	131.362 ^b	176.150 ^a
TTOT	30.050 ^{b.c}	27.735 ^c	28.967 ^{b.c}	30.805 ^{b.c}	32.486 ^{b.a}	35.351 ^a
KCl + 300 mg						
LYSINE						
IMAX	5.002 ^c	4.111 ^d	5.380 ^c	6.546 ^b	6.972 ^b	7.971 ^a
TIMAX	12.012 ^a	12.072 ^a	12.871 ^a	11.685 ^a	12.333 ^a	12.098 ^a
AREA	90.434 ^{e.d}	71.728 ^e	105.994 ^{c.d}	131.886 ^{c.b}	133.071 ^b	162.574 ^a
TTOT	29.024 ^b	29.269 ^b	31.678 ^{b.a}	32.651 ^{b.a}	35.096 ^a	32.629 ^{b.a}

Averages with letters in common in the same row indicate that there was no significant difference between the samples ($p \geq 0.05$) in the Tukey's range test. IMAX: maximum intensity. TIMAX: Time at which maximum intensity has been reached. TTOT: Total stimulation time. AREA: Area under the curve time vs intensity.

For the second stage of the equivalence test, a new TI analysis was performed to verify if the salting potential found previously for samples with 100% sodium chloride replacement was maintained in 50% reduction samples (Table 3). The second TI assay confirmed the equivalence between sodium chloride and potassium chloride, so the final sample set of tomato sauce containing potassium chloride and flavor enhancer is shown in Table 4.

Table 3: Time-Intensity curve parameters of the samples with 50% NaCl replacement by KCl.

	NaCl	KCl	MSG	IG	IMP	AJI-100	LIS
IMAX	5.77 ^a	6.12 ^a	6.24 ^a	6.37 ^a	6.32 ^a	5.92 ^a	6.03 ^a
TIMAX	13.90 ^a	12.20 ^a	11.63 ^a	12.20 ^a	12.84 ^a	11.84 ^a	11.80 ^a
AREA	93.08 ^a	101.40 ^a	116.48 ^a	118.80 ^a	113.64 ^a	118.09 ^a	104.25 ^a
TTOT	32.64 ^a	33.45 ^a	31.07 ^a	29.81 ^a	30.67 ^a	30.12 ^a	29.08 ^a

Averages with letters in common in the same row indicate that there was no significant difference between the samples ($p \geq 0.05$) in the Tukey's range test. TIMAX: Time at which maximum intensity has been reached. TTOT: Total stimulation time. AREA: Area under the curve time vs intensity.

Table 4: Set of tomato sauce samples containing potassium chloride and flavor enhancers.

Sample Name	Composition
NaCl	0.87% sodium chloride
KCl	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride
MSG	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.6% monosodium glutamate
IG	0.725% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.03% disodium inosinate/disodium guanylate
IMP	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.03% disodium inosinate
AJI-100	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.03% Aji-Aroma® M-M100
LIS	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.3% lysine

3.3 Quantitative Descriptive Analysis

Table 5 indicates that the addition of KCL + FE did not affect the appearance and aroma attributes. Different results were found in other sodium-reduction studies, such as white bread that showed significant differences in the yeast and toasted aromas, and alligator steaks in both baked and spices aromas (Canto et al., 2014; Raffo et al., 2018). Among the attributes

related to flavor, the differences between treatments in the sweet, bitter, and metallic descriptors can be highlighted.

For the sweet taste assessment, the control sample (NaCl) showed a higher average value (4.02), statistically differing from the samples: IMP, AJI100 and LIS; this could be related to a higher sodium concentration in the control sample, and the ion property in emphasizing the sweet taste (Yee et al., 2011). The other samples (KCl, MSG, and IG) did not statistically differ from either the control sample, or the others (IMP, AJI100 and LIS).

Table 5. Descriptive terms average values for each tomato sauce sample.

Sample	Descriptors									
	RED	BRI	VIA	SWS	ACS	TSS	CHS	SWT	ACT	
NaCl	3.82 ^a	5.43 ^a	4.56 ^a	2.91 ^a	3.08 ^a	5.36 ^a	4.45 ^a	4.02 ^a	3.13 ^a	
KCl	4.38 ^a	5.16 ^a	4.79 ^a	3.03 ^a	3.70 ^a	5.31 ^a	4.23 ^a	3.14 ^{b, a}	3.85 ^a	
MSG	4.17 ^a	5.22 ^a	4.74 ^a	3.08 ^a	3.35 ^a	5.24 ^a	3.96 ^a	3.14 ^{b, a}	3.40 ^a	
IG	4.26 ^a	5.38 ^a	4.74 ^a	3.05 ^a	3.12 ^a	5.21 ^a	4.24 ^a	3.31 ^{b, a}	3.32 ^a	
IMP	3.77 ^a	5.48 ^a	4.90 ^a	2.88 ^a	3.33 ^a	5.28 ^a	4.26 ^a	3.12 ^b	3.60 ^a	
AJI100	4.06 ^a	5.30 ^a	4.65 ^a	2.99 ^a	3.42 ^a	5.34 ^a	4.56 ^a	3.07 ^b	3.28 ^a	
LIS	4.16 ^a	5.28 ^a	4.64 ^a	2.92 ^a	3.73 ^a	5.29 ^a	4.56 ^a	3.02 ^b	3.85 ^a	
	STT	BTT	UMT	SAR	CHF	TSF	MEF	FUL	VIS	GRA
NaCl	3.36 ^a	0.89 ^b	2.55 ^a	2.09 ^a	4.17 ^a	5.36 ^a	1.07 ^b	4.74 ^a	4.37 ^a	4.71 ^a
KCl	3.53 ^a	1.60 ^a	2.80 ^a	2.32 ^a	4.25 ^a	5.03 ^a	2.11 ^a	4.53 ^a	4.30 ^a	4.86 ^a
MSG	3.61 ^a	0.89 ^b	3.12 ^a	2.55 ^a	4.17 ^a	5.28 ^a	1.42 ^{b, a}	4.40 ^a	4.21 ^a	4.59 ^a
IG	3.59 ^a	1.08 ^{b, a}	3.19 ^a	2.61 ^a	4.03 ^a	5.02 ^a	2.21 ^a	4.52 ^a	4.30 ^a	5.08 ^a
IMP	3.81 ^a	0.98 ^{b, a}	3.19 ^a	2.54 ^a	4.29 ^a	5.31 ^a	1.89 ^{b, a}	5.04 ^a	4.70 ^a	4.83 ^a
AJI100	3.44 ^a	1.20 ^{b, a}	2.48 ^a	2.18 ^a	4.14 ^a	5.28 ^a	2.38 ^a	4.28 ^a	4.34 ^a	4.86 ^a
LIS	3.76 ^a	1.22 ^{b, a}	2.69 ^a	2.23 ^a	4.06 ^a	5.03 ^a	2.08 ^a	4.66 ^a	4.71 ^a	4.87 ^a

Averages with letters in common in the same column indicate that there was no significant difference between the samples ($p \geq 0.05$) in the Tukey's range test. Red color (RED), Brightness (BRI), Viscosity apparent (VIS), Sweet aroma (SWS), Acid aroma (ACS), Tomato Sauce Aroma (TSS), Condiments/Herbs aroma (CHS), Sweet taste (SWT), Acid taste (ACT), Bitter taste (BTT), Salty taste (STT), Umami taste (UMT), Residual salty flavor (SAR), Condiments/Herbs Flavor (CHF), Tomato sauce flavor (TSF), Metallic flavor (MEF), Full-bodied (FUL), Viscosity (VIS), Granularity/presence of particles (GRA).

In the bitter taste assessment, the samples NaCl and MSG showed lower average values (0.89) differing from KCl. The other samples (IMP, IG AJI100 and LIS) did not differ from the NaCl or KCl samples. The lowest average bitter values observed in the samples NaCl and MSG can be explained by the absence of KCl in the first sample, as it produces a bitter taste (Desmond, 2006; Morris et al., 2010) and by the action of peptide promoters of umami taste as a bitter taste blocker in the sample with MSG (Kim et al., 2015). In the metallic taste test the NaCl sample showed a lower average value, differing from the samples KCl, IG, AJI100 and LIS. The MSG and IMP samples did not statistically differ ($p > 0.05$) from either the NaCl sample or the others (KCl, IMP, AJI100 and LIS).

3.4 Check-all-that-apply (CATA)

According to Table 6 it can be verified that only the brightness and bitter taste attributes showed a significant difference ($p < 0.05$) between samples. One factor that may have influenced the low differentiation among the samples by the consumers may be the high similarity in the composition of the tomato sauce (Jaeger et al., 2015a), and because of this, a significant difference between most attributes was not observed, differentiating these results from QDA. In addition, it can be observed in the Cochran's test as well as in QDA that the attribute "bitter taste," also showed a significant difference, emphasizing its relevance in the samples discrimination by the consumers. The high correlation of KCl with this attribute was observed again, while the NaCl sample was only slightly correlated.

These results also highlighted the capacity of flavor enhancers to mask this taste, causing the samples which contain KCl and flavor enhancers to demonstrate no significant differences ($p > 0.05$) regarding the bitter taste when comparing to the NaCl sample. Figure 2 shows the high correlation of KCl with bitterness which was also seen in QDA. But the strongest correlations with the flavor enhancers, mainly MSG with Umami, were not observed when compared to QDA. This is probably related to the lower ability of consumers to describe complex samples with a high degree of similarity (Ares et al., 2015).

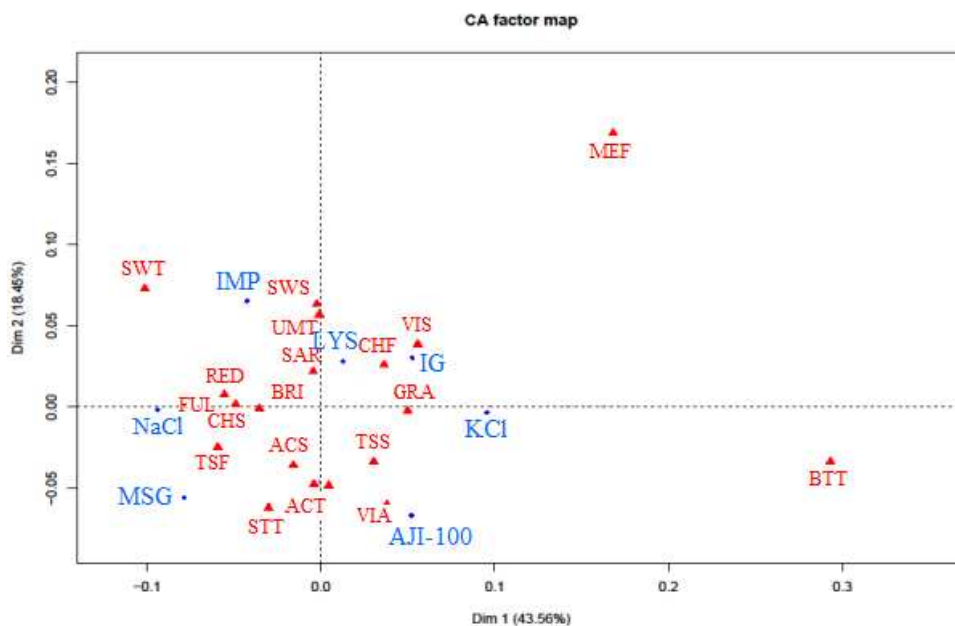


Figure 2. Correspondence analysis for tomato sauce samples (circles) and descriptive terms (triangles).

Table 6: Attributes choice frequency per sample and Cochran Q test result for the CATA questionnaire.

Attributes	NaCl	KCl	MSG	IG	IMP	AJI100	LIS	p-values
RED	65 ^a	63 ^a	59 ^a	67 ^a	65 ^a	60 ^a	63 ^a	0.559
BRI	57 ^b	45 ^{ab}	49 ^{ab}	53 ^{ab}	45 ^{ab}	42 ^a	47 ^{ab}	0.033
VIA	31 ^a	30 ^a	26 ^a	31 ^a	23 ^a	31 ^a	27 ^a	0.482
SWS	30 ^a	29 ^a	33 ^a	26 ^a	29 ^a	25 ^a	28 ^a	0.784
ACS	20 ^a	21 ^a	24 ^a	21 ^a	22 ^a	21 ^a	19 ^a	0.945
TSS	47 ^a	48 ^a	45 ^a	42 ^a	42 ^a	47 ^a	43 ^a	0.797
CHS	47 ^a	53 ^a	42 ^a	48 ^a	46 ^a	42 ^a	48 ^a	0.344
SWT	36 ^a	27 ^a	31 ^a	28 ^a	39 ^a	27 ^a	36 ^a	0.068
ACT	38 ^a	38 ^a	40 ^a	36 ^a	35 ^a	40 ^a	40 ^a	0.950
STT	36 ^a	31 ^a	37 ^a	33 ^a	36 ^a	40 ^a	32 ^a	0.324
BTT	10 ^a	25 ^b	13 ^{ab}	23 ^{ab}	13 ^{ab}	23 ^{ab}	22 ^{ab}	0.001
UMT	14 ^a	15 ^a	15 ^a	18 ^a	18 ^a	14 ^a	15 ^a	0.793
SAR	26 ^a	23 ^a	25 ^a	33 ^a	28 ^a	25 ^a	31 ^a	0.412
CHF	59 ^a	52 ^a	58 ^a	59 ^a	56 ^a	53 ^a	56 ^a	0.762
TSF	66 ^a	61 ^a	66 ^a	62 ^a	67 ^a	58 ^a	58 ^a	0.312
MEF	9 ^a	14 ^a	6 ^a	14 ^a	14 ^a	11 ^a	12 ^a	0.168
FUL	25 ^a	31 ^a	31 ^a	31 ^a	30 ^a	31 ^a	25 ^a	0.612
VIS	31 ^a	41 ^a	28 ^a	33 ^a	32 ^a	26 ^a	27 ^a	0.053
GRA	28 ^a	38 ^a	32 ^a	34 ^a	36 ^a	32 ^a	26 ^a	0.176

Averages with letters in common in the same column indicate that there was no significant difference between the samples ($p \leq 0.05$) in the Cochran's test.

3.5 Acceptance Test

In Table 7, the sensory attribute averages evaluated by consumers can be found. Regarding the appearance, aroma and texture, and overall liking the samples did not show a significant difference ($p \geq 0.05$). In the evaluation of the attribute flavor, the NaCl sample obtained a higher average acceptance, statistically differing from the samples KCl and AJI-100. The other samples did not show significant differences ($p > 0.05$).

Table 7: Averages and Tukey's range test * for the scores assigned by consumers in the acceptance test.

Sample	Appearance	Aroma	Flavor	Texture	Overall Liking
NaCl	6.45 ^a	5.98 ^a	6.11 ^a	6.23 ^a	6.22 ^a
KCl	6.37 ^a	6.04 ^a	5.45 ^b	6.23 ^a	5.87 ^a
MSG	6.28 ^a	6.14 ^a	5.91 ^{a,b}	6.26 ^a	6.11 ^a
I+G	6.35 ^a	6.04 ^a	5.58 ^{a,b}	6.25 ^a	5.99 ^a
IMP	6.37 ^a	6.30 ^a	5.73 ^{a,b}	6.34 ^a	6.13 ^a
Aji-100	6.25 ^a	5.87 ^a	5.37 ^b	6.13 ^a	5.64 ^a
LYS	6.25 ^a	5.92 ^a	5.52 ^{a,b}	5.95 ^a	5.77 ^a

Averages with letters in common in the same column indicate that there was no significant difference between the samples ($p \leq 0.05$) in the Tukey's range test.

3.6 External Preference Map

The external preference map of QDA can be observed in Figure 3. The control sample (NaCl) is related to the attribute's sweet taste and tomato sauce flavor. The samples MSG, I+G, KCl and IMP are positioned close to each other and the attributes umami, residual salty taste, and full bodied. The samples containing only KCl and KCl + Lysine, are positioned close because they are associated with the attributes metallic taste and red color. Lastly, the sample containing KCl + Aji-100, is positioned further from the others, being associated with the cooked tomato aroma, condiments aroma and sweet aroma. As observed in the external preference map based on CATA data (Figure 4), the samples AJI-100, KCl and IG obtained a lower appreciation percentage by the consumers (30 to 40%), which can be observed in acceptance analysis the lowest scores obtained in the attribute "flavor", and overall liking (although significant differences are not observed in the samples regarding overall liking).

The samples NaCl, MSG, and IMP were placed closer to the zones of high appreciation of participants, being in a range of 50% to 70%. For this reason, it can be suggested that when KCl is associated with monosodium glutamate, or disodium inosinate, it showed a higher sensory acceptance when compared with KCl alone or added with other flavor enhancers. This can be related to the characteristics found in the descriptive tests such as lower bitterness and metallic taste, for example. When it comes to the KCl association to disodium inosinate + disodium guanylate, lysine or AJI-100 aroma, the same acceptance improvement phenomenon was not observed.

As similarities between QDA and CATA, the great proximity between the samples MSG and IMP can be highlighted, as well as the samples KCl and LIS. The distant and isolated positioning was also characteristic of the NaCl sample in both maps. The main fact that can justify the differences observed in the samples is that QDA uses an intensity parameter that is not explored by the CATA methodology (Parente et al., 2011). The sauce samples had identical bases, only varying the flavor enhancer that was associated with KCl, which created samples with few sensory differences. A more detailed characterization, capable of differentiating a greater number of attributes was evidenced in the QDA in relation to CATA, probably related to the intense training of the panelists.

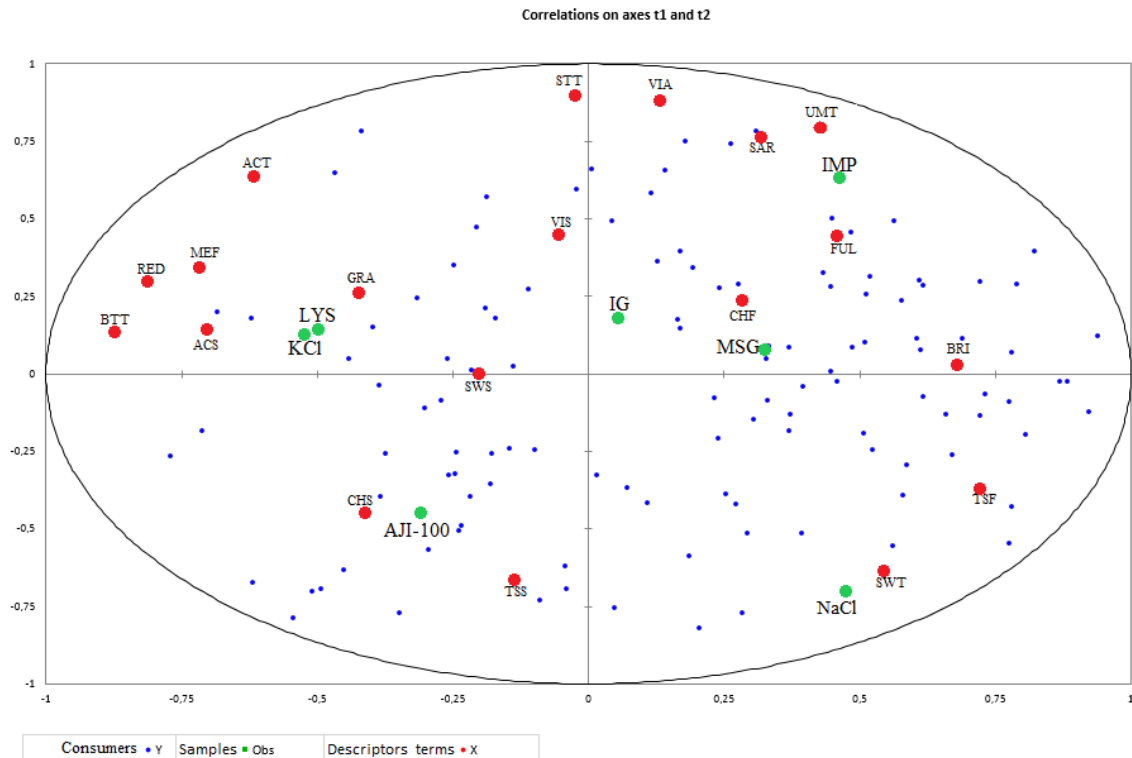


Figure 2: External preference map determined by the regression analysis of least squares between the overall liking and QDA.

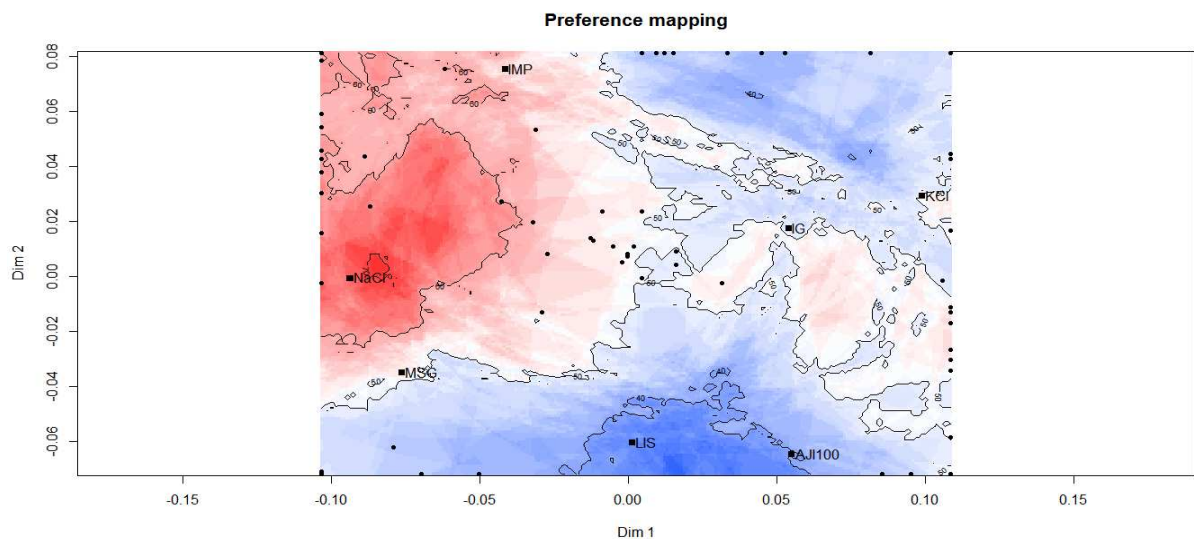


Figure 3: External preference map based on consumer perception of the samples, i.e., considering the coordinates of the samples in the CATA data, and overall liking.

3.7 Multiple Factor Analysis

Figure 5 shows the first two dimensions of the MFA - summed up - explain 55.40% of the variance. By visual inspection it is noted that the separate positioning, with little overlap of the samples on the map, demonstrates that the consumers were able to differentiate the

samples. The endpoints of each line show the position of each sensory method while the center point represents a consensus position between the methods. When evaluating the RV coefficient generated by the comparison between the sample configurations, one can observe a mean similarity between the methods ($RV = 0.734$). Although RV is a satisfactory measure, it is restricted to presenting an overview of similarity between samples (Dehlholm et al., 2012).

Some factors could impact the reduction of VR values. In a study by Esmerino et al., (2017) the outlier behavior of one of the samples negatively influenced the similarity between Pivot Profile and Projective Mapping. Ares et al., (2015) observed that comparing CATA with descriptive analysis, RV coefficient between sample configurations decreased with a diminishing size difference between samples. Since it all started from the same sauce recipe, it is believed that the high similarity has impacted the RV coefficient.

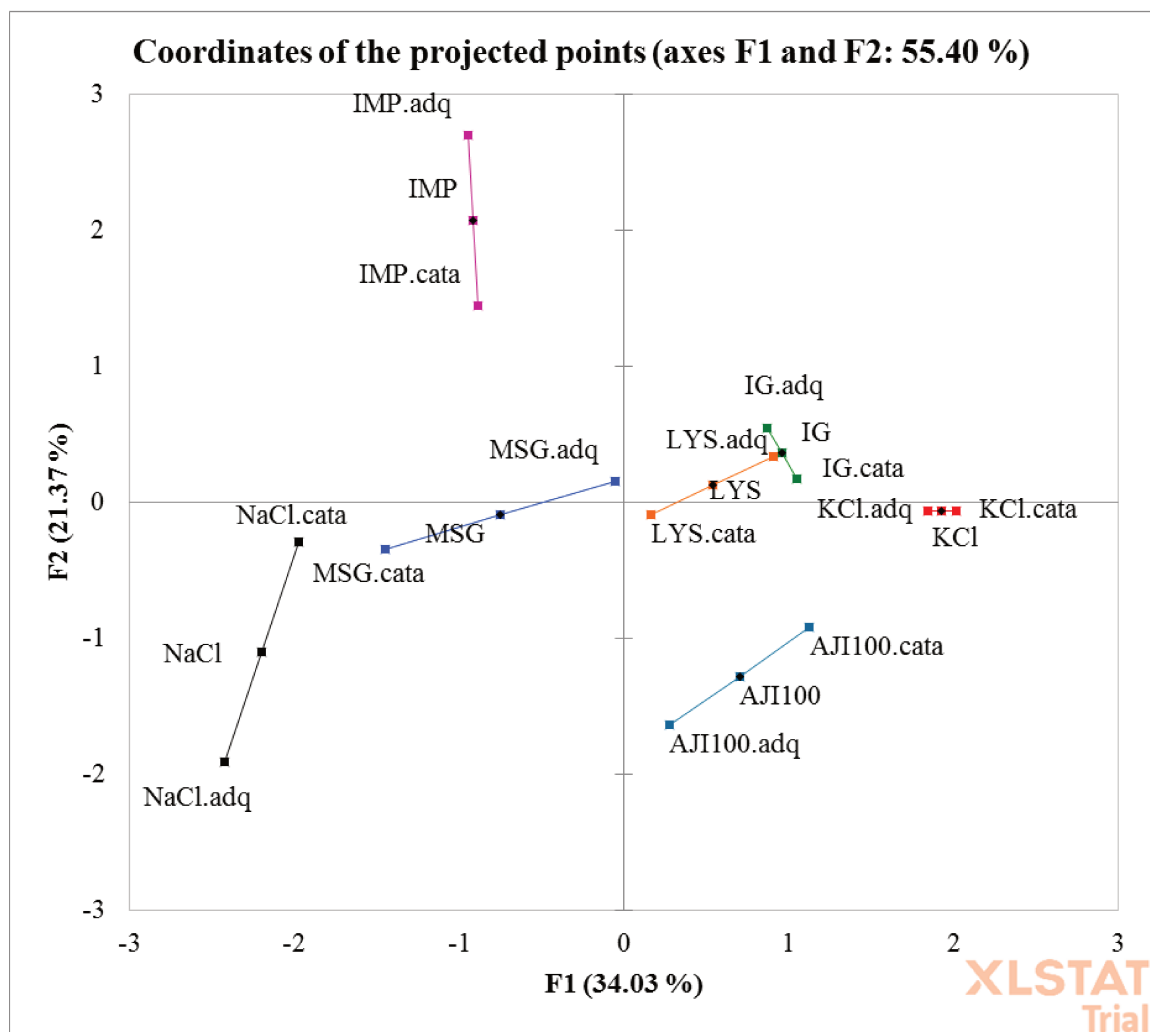


Figure 5: Comparative MFA on individual configurations of CATA and QDA of the tomato sauce.

4. CONCLUSIONS

It was observed that potassium chloride presented about 75% of sodium chloride salting power. In contrast, when associated with IG the KCl showed a saltiness potential of 60%. The determination of the salting potential allowed for the substitution of NaCl by KCl to be successfully reached. Both the external preference map generated by QDA and the CATA data showed a proximity between the samples MSG and IMP, also the samples KCl and LIS and a distant and isolated position was also characteristic of the NaCl sample in both maps.

In order to optimize the sodium content reduction in tomato sauce, a correlation between the data from assessors and consumers was required. Thereby, it can be said that for the reduction of NaCl in tomato sauce the association of KCl + Monosodium Glutamate, or Sodium Inosinate seems more aligned when compared to the other enhancers, as those showed minor differences in the sensory profile when compared to the great acceptance of NaCl. Therefore, potassium chloride + monosodium glutamate or sodium Inosinate are the best options for industrial production of tomato sauce with reduced sodium content.

Acknowledgments

For their support: National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

This study was approved by the "Human Research Ethics Committee" of Brazil, under the CAAE Verification Number: 49137615.3.0000.5404.

5. REFERENCES

- Albert, A., Varela, P., Salvador, A., Hough, G., & Fiszman, S. (2011). Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Application of QDA®, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. *Food Quality and Preference*, 22(5), 463-473.
- Ares G, Antúnez L, Bruzzone F, et al. (2015) Comparison of sensory product profiles generated by trained assessors and consumers using CATA questions: Four case studies with complex and/or similar samples. *Food Quality and Preference* 45: 75–86. DOI: 10.1016/j.foodqual.2015.05.007.
- Bielamowicz MK (2017) EB-1400: The Sodium Content of Your Food. Available at: <http://www.agrilifebookstore.org/Sodium-Content-of-Your-Food-p/eb-1400.html> (accessed 18 December 2017).
- Campagnol PCB, dos Santos BA, Terra NN, et al. (2012) Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. *Meat Science* 91(3): 334–338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.02.012>.
- Canada H (2008) *No Title Nutrient Value of Some Common Foods*. 1st ed. Ottawa: Publications.
- Canto ACVCS, Lima BRCC, Suman SP, et al. (2014) Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers. *Meat Science* 96(1): 623–632. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.08.003.
- Coelho M, Rocha C, Cunha LM, et al. (2016) Influence of harvesting factors on sensory attributes and phenolic and aroma compounds composition of *Cymbopogon citratus* leaves infusions. *Food Research International* 89: 1029–1037. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.008>.
- Cruz AG, Cadena RS, Castro WF, et al. (2013) Consumer perception of probiotic yogurt: Performance of check all that apply (CATA), projective mapping, sorting and intensity scale. *Food Research International* 54(1): 601–610. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.07.056.
- Dehlholm, C., Brockhoff, P. B., Meinert, L., Aaslyng, M. D., & Bredie, W. L. P. (2012). Rapid descriptive sensory methods – Comparison of Free Multiple Sorting, Partial Napping, Napping, Flash Profiling and conventional profiling. *Food Quality and*

Preference, 26(2), 267-277.

- Desmond E (2006) Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science* 74(1): 188–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>.
- Dos Santos Alves LAA, Lorenzo JM, Goncalves CAA, et al. (2017) Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat science* 123. England: 50–56. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.09.001.
- dos Santos BA, Campagnol PCB, Morgano MA, et al. (2014) 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* 96(1). England: 509–513. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.08.024.
- Dos Santos BA, Bastianello Campagnol PC, da Cruz AG, et al. (2015) Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel. *Food Research International* 76: 725–734. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.035>.
- Esmerino EA, Tavares Filho ER, Thomas Carr B, et al. (2017) Consumer-based product characterization using Pivot Profile, Projective Mapping and Check-all-that-apply (CATA): A comparative case with Greek yogurt samples. *Food Research International* 99. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.06.001.
- Felicio TL, Esmerino EA, Vidal VAS, et al. (2016) Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. *Food Chemistry* 196: 628–637. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.102>.
- Fellendorf S, O’Sullivan MG and Kerry JP (2016) Impact of ingredient replacers on the physicochemical properties and sensory quality of reduced salt and fat black puddings. *Meat Science* 113: 17–25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.006>.
- Feltrin AC, de Souza VR, Saraiva CG, et al. (2015) Sensory study of different sodium chloride substitutes in aqueous solution. *International Journal of Food Science & Technology* 50(3): 730–735. DOI: 10.1111/ijfs.12670.
- Fonseca, F. G., Esmerino, E. A., Filho, E. R., Ferraz, J. P., da Cruz, A. G., & Bolini, H. M. (2016). Novel and successful free comments method for sensory characterization of

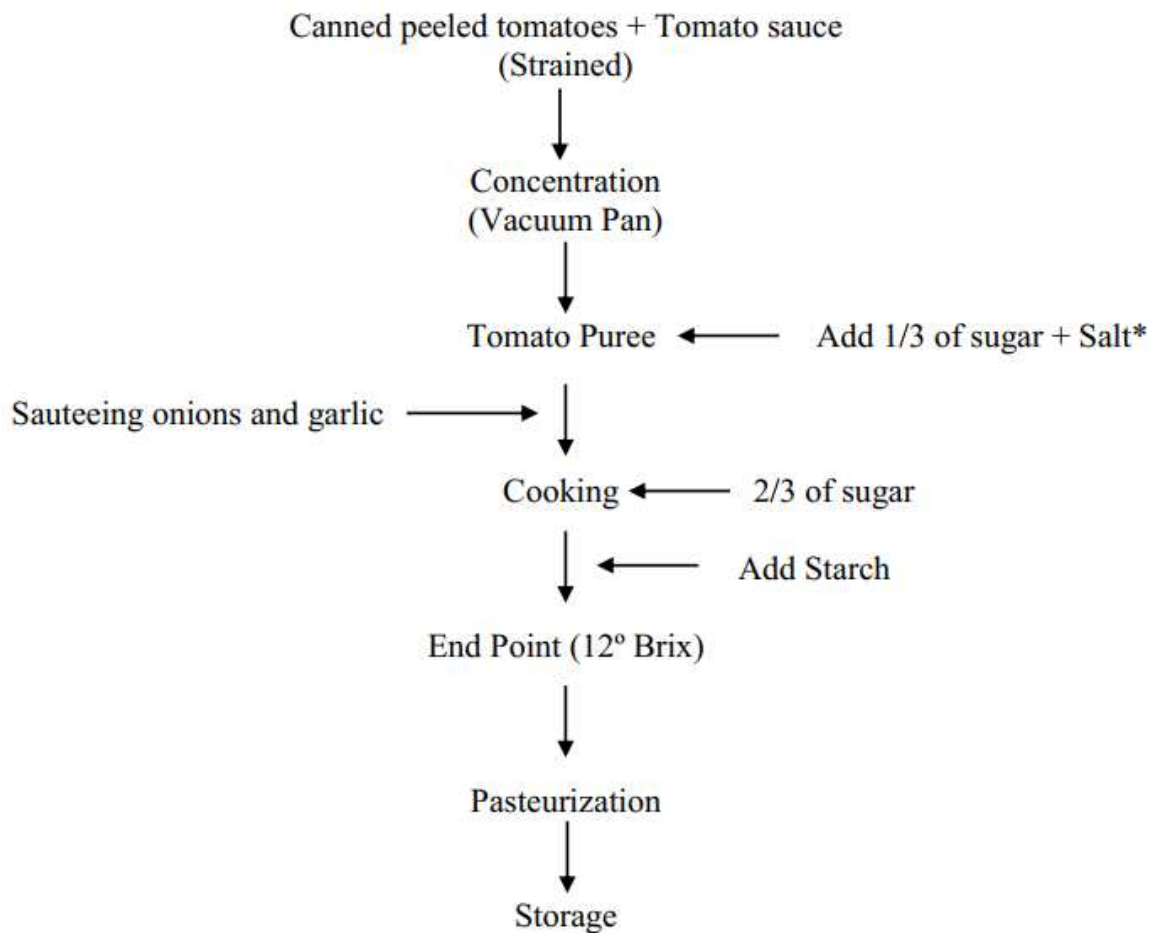
- chocolate ice cream: A comparative study between pivot profile and comment analysis. *J Dairy Sci*, 99(5), 3408-3420.
- Grummer J, Karalus M, Zhang K, et al. (2012) Manufacture of reduced-sodium Cheddar-style cheese with mineral salt replacers. *Journal of Dairy Science* 95(6): 2830–2839. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4851>.
- Grummer J, Bobowski N, Karalus M, et al. (2013) Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science* 96(3): 1401–1418. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6057>.
- Jaeger SR, Beresford MK, Paisley AG, et al. (2015a) Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. *Food Quality and Preference* 42: 154–164. DOI: 10.1016/j.foodqual.2015.02.003.
- Jaeger, S. R., Hunter, D. C., Kam, K., Beresford, M. K., Jin, D., Paisley, A. G., ... & Ares, G. (2015b). The concurrent use of JAR and CATA questions in hedonic scaling is unlikely to cause hedonic bias, but may increase product discrimination. *Food quality and preference*, 44, 70-74.
- Jaeger, S. R., Kim, K. O., Lee, S. M., Hunter, D. C., Kam, K., Chheang, S. L., ... & Ares, G. (2017). Concurrent elicitation of hedonic and CATA/RATA responses with Chinese and Korean consumers: Hedonic bias is unlikely to occur. *Food quality and preference*, 56, 130-137.
- Jorge É da C, Mendes ACG, Auriema BE, et al. (2015) Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. *Meat Science* 100: 124–133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.002>.
- Kim MJ, Son HJ, Kim Y, et al. (2015) Umami–bitter interactions: The suppression of bitterness by umami peptides via human bitter taste receptor. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 456(2): 586–590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2014.11.114>.
- Lorido L, Hort J, Estevez M, et al. (2016) Reporting the sensory properties of dry-cured ham using a new language: Time intensity (TI) and temporal dominance of sensations (TDS). *Meat science* 121. England: 166–174. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.06.009.
- Macfie HJ, Bratchell N, Greenhoff K, Et Al. (1989) Designs To Balance The Effect Of Order

- Of Presentation And First-Order Carry-Over Effects In Hall Tests. *Journal of Sensory Studies* 4(2). Blackwell Publishing Ltd: 129–148. DOI: 10.1111/j.1745-459X.1989.tb00463.x.
- Martínez-Huélamo M, Tulipani S, Estruch R, et al. (2015) The tomato sauce making process affects the bioaccessibility and bioavailability of tomato phenolics: A pharmacokinetic study. *Food Chemistry* 173: 864–872. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.156>.
- Meilgaard, M. C.; Civille, G. V.; Carr BT (2006) *Sensory Evaluation Techniques*. CRC press.
- Monteiro CS (2008) *Desenvolvimento de molho de tomate Lycopersicon esculentum Mill formulado com cogumelo Agaricus brasiliensis*. Universidade Federal do Paraná.
- Morris C, Labarre C, Koliandris A-L, et al. (2010) Effect of pulsed delivery and bouillon base on saltiness and bitterness perceptions of salt delivery profiles partially substituted with KCl. *Food Quality and Preference* 21(5): 489–494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.01.002>.
- Moubarac J-C, Batal M, Louzada ML, et al. (2017) Consumption of ultra-processed foods predicts diet quality in Canada. *Appetite* 108. England: 512–520. DOI: 10.1016/j.appet.2016.11.006.
- Parente Me, Manzoni Anav And Ares G (2011) External Preference Mapping Of Commercial Antiaging Creams Based On Consumers' Responses To A Check-All-That-Apply Question. *Journal of Sensory Studies* 26(2). Blackwell Publishing Inc: 158–166. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2011.00332.x.
- Pietrasik Z and Gaudette NJ (2014) The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams. *Meat Science* 96(3): 1165–1170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.005>.
- Raffo A, Carcea M, Moneta E, et al. (2018) 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* 79: 518–526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.12.013>.
- Silva, A. S.; Coutinho, V. F.; Azevedo CH (2015) Análise do teor de sódio em molhos de tomate industrializados: um alerta para hipertensão. *Saber Científico* 4(1): 38–46.

- Stone H and Sidel JI (2012) *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier I. Academic Press.
- VICKERS Z (1988) Sensory Specific Satiety in Lemonade Using a Just Right Scale for Sweetness. *Journal of Sensory Studies* 3(1): 1–8. DOI: 10.1111/j.1745-459X.1988.tb00425.x.
- Voorpostel CR, Dutra MB de L and Bolini HMA (2014) Sensory profile and drivers of liking for grape nectar among smoker and nonsmoker consumers. *Food Science and Technology (Campinas)* 34(1): 164–173. DOI: 10.1590/S0101-20612014000100024.
- Webster JL, Dunford EK and Neal BC (2010) A systematic survey of the sodium contents of processed foods. *American Journal of Clinical Nutrition* 91(2): 413–420. DOI: 10.3945/ajcn.2009.28688.
- Yee KK, Sukumaran SK, Kotha R, et al. (2011) Glucose transporters and ATP-gated K⁺ (KATP) metabolic sensors are present in type 1 taste receptor 3 (T1r3)-expressing taste cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(13): 5431–5436. DOI: 10.1073/pnas.1100495108.

Supplementary material

Diagram of tomato sauce production.



*The NaCl, KCl and flavor enhancer ratio was individualized for each sample.

ARTICLE 2: DYNAMIC ASPECTS OF SALT REDUCTION IN TOMATO SAUCE BY USE OF FLAVOR ENHANCERS AND BITTER BLOCKER

Elson Rogério Tavares Filho¹, Erick Almeida Esmerino², Valfredo de Almeida Santos-Junior¹,
Alessandra Cazzelato Lins da Silva¹, Helena Maria André Bolini¹.

¹State University of Campinas (UNICAMP), Food and Nutrition Department, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, s/n, Campinas, São Paulo, Brazil, 13083-862

² Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ) - DTA, Seropédica – RJ- 23.890-000, Brasil.

Author for correspondence:

Elson Rogério Tavares Filho.

State University of Campinas – FEA, Food and Nutrition Department

80 Monteiro Lobato (St), Campinas, São Paulo, Brazil, Zip code: 13083862

Tel: +55 (19) 3521-4059

elsontavares@live.com

ABSTRACT

Several government agencies have established guidelines for the food industry to reduce sugar, fat, and salt in processed foods. The objective of this study was to determine the dynamic sensory profile of tomato sauce formulated with flavor enhancers, bitter blocker and 50% sodium content reduction. Temporal dominance of sensations (TDS) and temporal acceptance (TAA) were used to verify consumer perceptions while time-intensity (TI) evaluated the perception of the trained panel. Time acceptance indicated that flavor enhancers improve initial acceptance of the sample but that its masking effect weakens after 30 seconds of ingestion. TI showed that despite promoting salty equivalence, substitute salts were not able to completely suppress the bitter taste characteristic of potassium chloride and the addition of lysine as a bitter blocker was the least effective strategy. In TDS the bitter taste was not dominant in any of the samples. However, the presence of unusual flavors to the consumers like metal and umami seems to have interfered negatively in the evaluation of the tasters. Flavor enhancers have been widely used to reformulate processed foods in order to reduce sodium content, preserving sensory acceptance. This study provides information on how different salt substitutes behave dynamically.

Practical Application: The use of salt substitutes by food industries is common practice in reformulated products to reduce sodium content. This study provides information on how these substitutes behave dynamically in food tasting, offering a modern sensory profile for efficient substitution.

Keywords: Temporal, sensory evaluation, sodium, potassium, monosodium glutamate.

1. INTRODUCTION

Despite the practicality, processed and ready-to-eat foods are often rich in salt, sugar, and fat. These ingredients are related to some chronic non-communicable diseases (NCDs) such as cancer, high blood pressure and kidney disease. This association prompted governmental health agencies to create guidelines for reformulating processed foods, with emphasis on the *target-foods*, for their large consumption and high content of salt (WHO, 2015). Among the target food categories for reformulation are sauces.

Strategies have been applied to reduce sodium in foods, including partial replacement of traditional salt (NaCl) with KCl (Bidlas & Lambert, 2008; Dos Santos Alves et al., 2017; Ferrão et al., 2016; Tamm, Bolumar, Bajovic, & Toepfl, 2016). Potassium, besides promoting salty taste, has a different action than sodium in relation to arterial hypertension. Low potassium intake, and high Na/K ratio have strong independent dose-response associations with hypertension (Du et al., 2013). Thus, in relation to the health appeal, potassium is the optimal choice to replace sodium, especially if related to high incidence of hypertension.

However, marked differences are recognized between KCl and NaCl. Regarding the technological properties, differences in the speed of the enzymatic reactions and alterations in the conservative effect are noticed. In sensory properties, KCl is recognized for its greater intensity of bitter, metallic taste and the presence of *off-flavors* (Thibaudeau, Roy, & St-Gelais, 2015; Wu et al., 2016; Yotsuyanagi et al., 2016). The combination of KCl with flavor enhancers, as monosodium glutamate, sodium inosinate, sodium guanylate and kokumi aroma is successfully applied in improving the KCl sensory acceptance, which aim to enhance its salty taste and mask other undesired flavors (Felicio et al., 2016; Grummer et al., 2013; Dos Santos Alves et al., 2017; dos Santos et al., 2014). In the case of lysine, rather than enhancing the flavor of the product, it has been studied promoting the bitter taste blockade of NaCl substitutes (Dos Santos Alves et al., 2017).

Developing or reformulating a product using sensory evaluation methods allows a complete view of the sensory profile. Statistical methodologies have been widely used to determine the sensorial profile as the Quantitative Descriptive Analysis (QDA®) (Meilgaard, Civille, & Carr, 2016). Dynamic sensorial methodologies have also been applied to approach the actual consumption process, which involves more detailed monitoring of interactions between food components over time (Ares et al., 2016; Oliveira et al., 2016).

Traditionally, the classical methodology to the dynamic evaluation is the Time-Intensity Analysis (Lawless & Heymann, 2010). However, it requires intensive training and statistical validation steps (Sokolowsky, Rosenberger, & Fischer, 2015), which makes it expensive and time-consuming. In this sense, methodologies that provide faster responses using consumers' perception have become increasingly popular. One of them is the Temporal Dominance of Sensations (TDS), a descriptive, temporal and multi-attribute method (Schlich, 2017). It has been used successfully in different products such as Merlot wine, dark chocolate, Lucaniam dry-sausage (Braghieri et al., 2016; Frost, Blackman, Ebeler, & Heymann, 2018; Oberrauter, Januszewska, Schlich, & Majchrzak, 2018) and in the reformulation and characterization of low sodium products as dry-cured loins, and low-sodium Mozzarella cheese (Bemfeito, Rodrigues, Silva, & Abreu, 2016; L. Lorigo, Estévez, & Ventanas, 2018; J F Rodrigues, Gonçalves, Pereira, Carneiro, & Pinheiro, 2014).

The acceptance of a product can behave dynamically (Meyners, 2016). Acceptance tests are important because they produce hedonistic data from consumers and the association of these data with descriptive statistics produces valuable information for the development and reformulation of a commercial product. The methodology Temporal Liking (TL) (Ramsey et al., 2018), was modified and named Temporal Acceptance Analysis (TA), to correlate its data with the data obtained from the TDS and TI methodologies.

In this perspective, the objective of this study was to develop a tomato sauce containing potassium assessing the impact of the substitution of 50% of the sodium content of processed tomato sauce through the dynamic perception of consumers and trained panel. Samples containing KCl associated with flavor enhancers: monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate and Aji-100 aroma were used to verify their ability to highlight the desired tastes of tomato sauce and to mask the sensory defects of KCl (Jinap et al., 2016; Campagnol et al., 2011; Pasin et al., 1989). Lysine was added to the study if its ability to block the bitter taste was perceived in tomato sauce (dos Santos et al., 2014).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Tomato sauce and salts

Sauce ingredients are seen in Table 1. Salts: NaCl and KCl (Synth®, São Paulo - Brazil). Flavor enhancers: Monosodium Glutamate (MSG), Disodium Inosinate (IMP), Disodium Inosinate +

Disodium Guanylate (I+G), kokumi [AJI-NO-MOTO®], Amino Acid Lysine (Lys) [Synth®, São Paulo - Brazil].

Table 1: Formulation of the standard basis of tomato sauce.

Ingredients	(%)
Canned peeled tomatoes (Fiamma®, Ottaviano - Italy)	60.0
Tomatoes sauce (Fiamma®, Ottaviano - Italy)	26.1
Fresh onion	10.0
Fresh garlic	0.75
Crystal Sugar (União®, Sertãozinho - Brazil)	1.25
Extra virgin olive oil (Hojiblanca®, Madrid - Spain)	0.50
Cornstarch (Maizena®, Moji-Guaçu - Brazil)	1.25
Dried oregano (Kitano®, São Bernardo do Campo - Brazil)	0.02
Dried basil (Kitano®, São Bernardo do Campo - Brazil)	0.02
Dried chive (Kitano®, São Bernardo do Campo - Brazil)	0.02
Dried parsley (Kitano®, São Bernardo do Campo - Brazil)	0.02
TOTAL	100

2.2 Sensory Analysis

The collection of each sample's data was accomplished in a computer, in a climatized room (22°C). The samples were presented in the monadic and balanced form — avoiding first-order carry-over effects — according to the methodology described by Macfie et al., 1989, disposed of plastic cups, white and disposable, of 50 mL, coded with 3-digit numbers, presented in the randomized complete block design. Participants were also provided with water and unsalted crackers for palate cleansing (Esmerino et al., 2017).

2.2.1 Time-Intensity

A Time-Intensity Analysis with twelve assessors (8 women and 4 men, mean age 27 years) was performed to determine the salty, bitter, metallic and cooked tomato profiles. Firstly, five training sessions were made using six sauces with increasing salt content (0.6%, 0.7%, 0.8%, 0.9%, 1%). In the final test, each sample was presented individually for the taster to evaluate an attribute. Triplicate was performed on each evaluated attribute. The parameters of the curves obtained were the maximum intensity of the stimulus (Imax), the time to reach the maximum intensity (TImax), the total area under the curve (Ttot), and the total duration of the stimulus (Ttot) (ASTM, 2011). The composition of the samples evaluated can be seen in table 2.

Table 2: Salt and flavor enhancers concentrations in the Time-intensity analysis for the salty taste equivalence with the 0.87% NaCl sample.

Sample name	Composition
NaCl	0.87% sodium chloride
KCl	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride
MSG	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.6% monosodium glutamate
IG	0.725% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.03% disodium inosinate/disodium guanylate
IMP	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.03% disodium inosinate
AJI-100	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.03% Aji-Aroma® M-M100
LYS	0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.3% lysine

2.2.2 Temporal Dominance of Sensations (TDS)

Firstly, fifty-one consumers (33 women and 18 men, with mean age of 29 years) were instructed to participate in a preliminary meeting (20 minutes) about the test concepts and the use of the software (Sensomaker). The consumers were instructed about the test's principles. Dominance has been defined like flavor that stands out among the rest in the time interval, not being necessarily the flavor with greater intensity. (Ares et al., 2015; Esmerino et al., 2017; Nicolas Pineau et al., 2012).

The test had a total duration of sixty seconds, and the consumers were asked to put all the sample (15g) in the mouth, and completely ingest after the first signal software (10 seconds). The attributes, defined using Kelly's repertory grid (Moskowitz, 1983), so were randomly presented in two columns, as proposed by Pineau et al., (2012). The attributes were: Bitter Taste, Acid Taste, Umami Taste, Salty Taste, Cooked Tomato Taste, Condiments and Herbs Taste, Metallic Taste. The option "I can't feel a taste" was included in the attributes list, aiming to allow the participant to indicate the time which the sensation was no longer noticed (Jéssica Ferreira Rodrigues et al., 2016). The number of attributes considered optimal for TDS is between 5 and 14 (Goupil de Bouille et al., 2010).

2.2.3 Temporal Acceptance Analysis

One hundred and twenty consumers were recruited. The acceptance was determined by using a non-structured hedonic and linear scale of 9 cm (Stone & Sidel, 1993), anchored in its ends, to the left “extremely disliked” and to the right “extremely liked.” At the first evaluation (time = 0 seconds) they answered the traditional questions of the acceptance test, such as appearance, aroma, taste, texture and overall liking. At the end of these responses, the consumers were only evaluating the overall liking (Ramsey et al., 2018; Wakeling & MacFie, 1995).

The consumer was advised to answer questions of "appearance" and "aroma" acceptance before placing the sample in the mouth, immediately after placing the sample in the mouth the consumer was asked to answer the "taste" and "texture" questions, and immediately after swallowing it to respond on the overall impression (considered $t = 0s$). Thus, as soon as the overall impression question was answered, the time counting was started and after 30 seconds (30 seconds after swallowing the sample) and 60 seconds (60 seconds after swallowing the sample) the consumer was asked to respond again to question about global printing.

2.3 Data Analysis

The data obtained through Time Intensity and Temporal Acceptance was submitted to ANOVA (repeated measures) with post-hoc Tukey’s test to the level of 5% of significance, using the SAS System for Windows (Statistical Analysis System) (2013).

The TDS data were collected and analyzed by the SensoMaker software to compute the TDS curves. The curves were plotted (smooth = 0.5) and used for visual interpretation (N Pineau et al., 2009). The graph lines represent the “chance level” and the “significance level.” The “chance level” is the dominance rate that an attribute can obtain by chance, and the “significance level” is the minimum value that the dominance rate should equal to be considered to be significant (N Pineau et al., 2009; Ramsey et al., 2018).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Time-Intensity Analysis (TI)

The salty taste was the first stimulus to be evaluated by the panelist. Significant differences were not observed ($p \geq 0.05$) among the samples averages for I_{max}, T_{imax}, Area,

and Ttot. The concentrations of KCl added in the samples in this study followed the power defined by Feltrin, 2015 — which showed 75% of salt power of the KCL when compared to NaCl and previous studies. This reinforced the need to use KCl in higher concentrations than NaCl to produce an equivalent salty taste. The stimulus analyzed in the time-intensity analysis, as well as their respective references utilized in the panel are shown in Table 3 and the times utilized in the evaluations are shown in Table 4.

Table 3: Definitions and references used for each stimulus evaluated by the tasters during the time-intensity analysis.

Stimuli	Definitions	References
Salty taste	Characteristic of products containing NaCl.	MIN: Traditional sauce Fugini®. MAX: Traditional sauce Fugini® + 0,3% NaCl.
Bitter Taste	Characteristic taste of caffeine.	None: Tomato Juice. MAX: Tomato Juice + 0,2% caffeine.
Taste of cooked tomato	Characteristic of mature tomato when receiving heat treatment.	MIN: Tomato Juice. MAX: Tomato paste.
Metallic taste	Characteristic flavor of products containing salts as KCl, MgCl and CaCl ₂ .	MIN: Tomato Juice Quero®. MAX: Tomato Juice Quero® + 2,3% KCl.

Table 4: Parameter of the stimuli evaluated by the tasters during the time-intensity analysis.

Parameters	Salty taste	Bitter taste	Cooked tomato flavor	Metallic taste
Initial waiting time (s).	10	10	10	10
Length of stay in mouth (s).	15	15	15	15
Waiting time after ingestion.	50	50	50	50
Intensity scale (cm).	9	9	9	9

This finding corroborates with Feltrin et al., (2015), who showed the lower intensity of the salty taste of potassium chloride and monosodium glutamate than sodium chloride. It shows that the substitution process can be performed proportionally. Rodrigues et al., (2014) also noted that potassium chloride and monosodium glutamate (GSM) do not have the same potency as sodium chloride and that potassium chloride has a higher salting potential than GSM, which needs to be the main constituent in a low sodium salt.

The bitter taste is an undesirable characteristic of KCl (Guàrdia, Guerrero, Gelabert, Gou, & Arnau, 2008). When evaluating the maximum intensity (IMAX) it was observed that the standard sample (NaCl) was the lesser bitter, while the samples containing umami taste promoters (MSG, I + G, IMP, and AJI-100) presented medium intensity of bitter taste. The higher bitter taste intensity was observed in the KCL and LYS samples.

Similar results were observed by Rodrigues et al., (2016) and Dos Santos et al., (2014) where flavor enhancers have minimized bitter taste. Among the flavor enhancers, only those recognized as having umami taste promoted a significant reduction of bitter taste (monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, and Kokumi aroma). Interestingly, the amino acid lysine reported as a blocker of KCL sensory limitation doesn't show this effect in tomato sauce (Campagnol, dos Santos, Terra, & Pollonio, 2012; dos Santos et al., 2014).

The TIMAX parameter did not show significant difference between the samples, indicating that the time to reach the maximum bitter taste intensity was not altered by the flavor enhancers. Monosodium glutamate, sodium inosinate, sodium guanylate, and kokumi in addition to reducing the intensity of bitter taste (IMAX) also positively acted reducing its total duration (TTOT). This effect of reducing the duration of bitter taste beyond its intensity has great value because the bitter-aftertaste also compromises the sensory quality and acceptance of the product (Galvão, Moura, Barretto, & Pollonio, 2014; Sinopoli & Lawless, 2012).

The metallic taste is common in products containing KCl and others low sodium salts and is considered as a limitation of KCL (Desmond, 2006). The parameters of metallic taste can be verified in Table 5. About IMAX, the umami taste promoters were efficient in reducing the intensity of the metallic taste. The addition of the amino acid Lysine increase the metallic taste observed both in the intensity and in the curve's final area. As expected, the sample NaCl showed the lowest IMAX value for the metallic taste, without differences from MSG, IG and AJI-100. These samples showed significantly lower metallic taste values than the KCL sample, indicating good masking for KCL's metallic taste.

Table 5: Average parameters of TI curves in the samples. For the tastes: Salty, Bitter, Cooked tomato and metallic.

	Parameters	NaCl	KCl	MSG	IG	IMP	AJI100	LYS
Salty	IMAX	6.04 ^a	6.27 ^a	6.12 ^a	6.27 ^a	6.14 ^a	6.16 ^a	6.10 ^a
	TIMAX	12.01 ^a	13.97 ^a	11.60 ^a	12.28 ^a	12.73 ^a	11.34 ^a	11.71 ^a
	AREA	103.25 ^a	82.87 ^a	114.70 ^a	112.10 ^a	112.05 ^a	117.52 ^a	102.08 ^a
	TTOT	29.51 ^a	30.49 ^a	30.80 ^a	30.30 ^a	29.81 ^a	29.78 ^a	28.89 ^a
Bitter	IMAX	1.79 ^c	5.2 ^a	2.77 ^b	2.65 ^b	3.18 ^b	3.00 ^b	4.96 ^a
	TIMAX	9.73 ^a	9.84 ^a	9.95 ^a	10.35 ^a	10.12 ^a	10.24 ^a	9.95 ^a
	AREA	32.77 ^c	85.91 ^a	53.25 ^b	54.16 ^b	56.44 ^b	48.99 ^b	84.29 ^a
	TTOT	14.85 ^b	24.57 ^a	15.10 ^b	14.60 ^b	14.54 ^b	13.76 ^b	23.72 ^a
Metallic	IMAX	2.49 ^c	4.62 ^{b.a}	2.73 ^c	3.34 ^c	3.38 ^{b.c}	3.14 ^c	4.64 ^a
	TIMAX	14.09 ^a	14.36 ^a	14.31 ^a	13.43 ^a	13.84 ^a	13.10 ^a	15.01 ^a
	AREA	31.91 ^b	44.13 ^b	43.19 ^b	47.32 ^{b.a}	50.05 ^{b.a}	47.28 ^{b.a}	69.98 ^a
	TTOT	24.45 ^a	24.57 ^a	24.27 ^a	26.36 ^a	26.15 ^a	23.47 ^a	26.41 ^a
Cooked Tomato flavor	IMAX	6.04 ^a	5.71 ^a	5.79 ^a	6.29 ^a	6.22 ^a	6.06 ^a	5.78 ^a
	TIMAX	16.26 ^a	15.53 ^a	15.11 ^a	15.74 ^a	15.77 ^a	16.25 ^a	16.16 ^a
	AREA	112.34 ^a	108.95 ^a	107.27 ^a	120.67 ^a	117.19 ^a	108.83 ^a	106.08 ^a
	TTOT	32.50 ^a	32.97 ^a	32.39 ^a	33.97 ^a	33.41 ^a	32.09 ^a	31.92 ^a

Averages with letters in common in the same row indicate that there was no significant difference between the samples ($p \geq 0.05$) in the Tukey mean test. IMAX: maximum intensity. TIMAX: Time at which maximum intensity has been reached. TTOT: Total stimulation time. AREA: Area under the curve time vs intensity.

Lastly, it was evaluated the cooked tomato flavor, to know whether the alteration of the salt used as brining would alter the tomato sauce basis flavor. As observed, no parameters differed of one another between the samples, showing that the substitution of sodium chloride by potassium chloride, associated or not to Monosodium Glutamate, Disodium Inosinate, Disodium Guanylate, Kokumi, and Lysine does not affect the cooked tomato taste in the tomato sauce. The averages of the TTOT parameter were higher for the salty taste and cooked tomato flavor, this is another point of efficiency in the substitution process since the parameters considered positive, promoted aftertaste higher than those considered undesirable.

3.2 Temporal Dominance of Sensations (TDS)

Figure 1 shows the smoothed TDS curves, presenting the tomato sauce's temporal sensory profile, the curves generated represent the attributes “salty taste,” “bitter taste,” “umami taste,” “acid taste,” “condiments and herbs taste” and “metallic taste” in function of time.

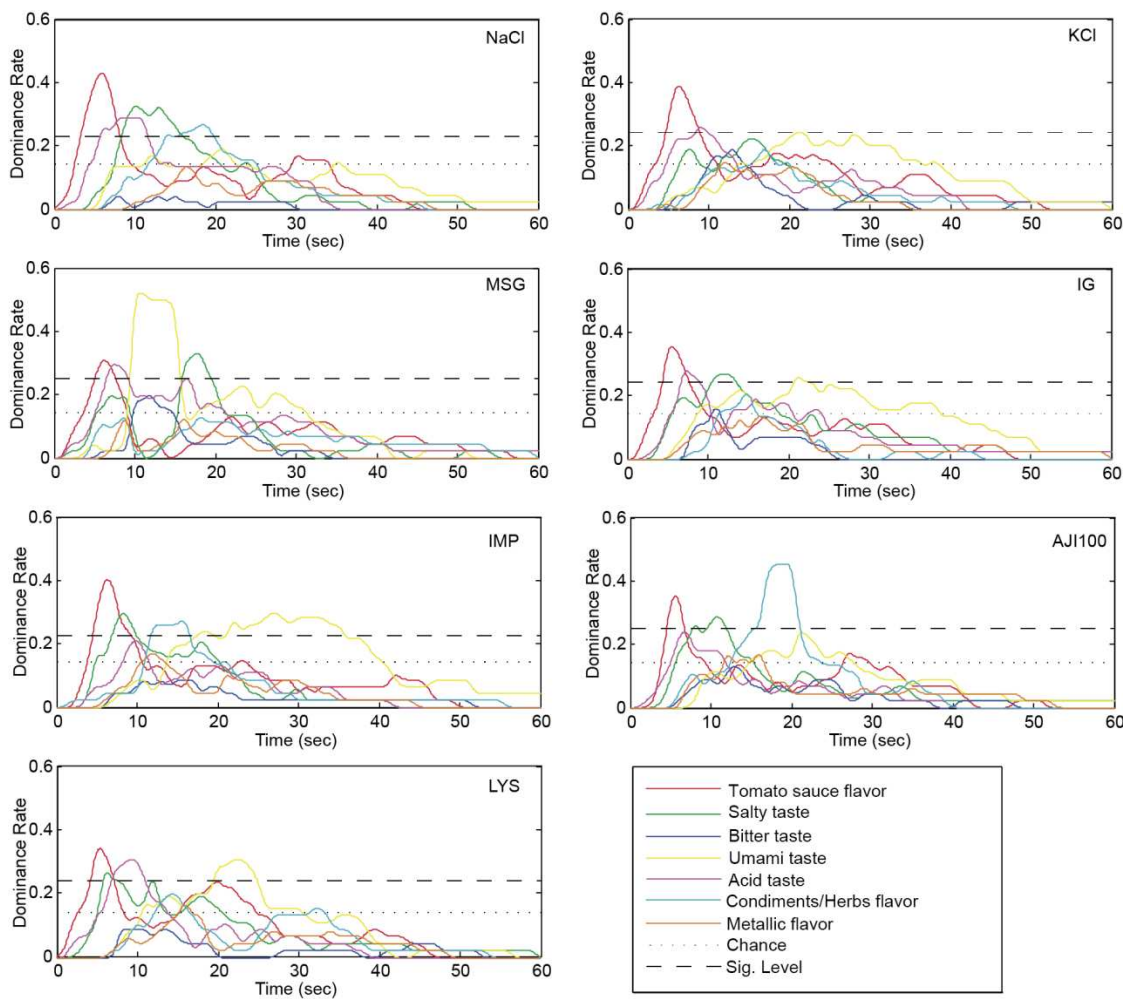


Figure 1. Smoothed TDS curves for the seven sodium-reduced tomato sauces: NaCl, KCl, MSG, IG, IMP, AJI-100 and LYS are plotted. The x-axis indicates the time in seconds. The y-axis indicates the dominance rate.

The analysis time was the same as the “60s” of the time intensity analysis. Two lines are shown in the TDS graphs, a dashed line (significance level) and a dotted line [chance level (0.14)], the chance line indicates the chance at random of an attribute to reach the dominance rate, while the significance line is the minimum value that an attribute must reach to have a significant dominance (N Pineau et al., 2009).

The cooked tomato flavor was initially dominant attribute in all samples; however, the time of the evolution of the dominance of this flavor was not similar to the intensity. In Time-Intensity analysis, cooked tomato flavor presented greater total time duration whereas in

the TDS the dominance did not reach significance after the 10 seconds range. After the dominance of the tomato taste ends, there are posterior dominance differences between samples (Fig 1).

As seen in figure 1, for the sample NaCl the dominant attributes was “acid taste”, “salty taste”, “condiments and herbs taste”; for the KCl was just “acid taste” and subtly “umami” and the MSG showed dominance in the “acid taste”, followed by a strong dominance in the “umami taste” and “salty taste”. For the sample IG, it was observed a dominance in the attributes “acid taste”, “salty taste,” “condiments and herbs taste” and “umami”; the samples IMP showed “salty taste”, “condiments and herbs taste” and “umami taste”; AJI-100 presented “salty taste” and “condiments and herbs taste,” and the LYS shows “salty taste”, “acid taste” and “umami taste” dominance sequence. Bitter and metallic taste showed no dominance in any of the samples, which suggests that although it was present in the samples, it was not enough to be dominant in any of the samples. Partial reductions in sodium chloride and their substitution by potassium chloride can minimize the dominance of bitter taste and other undesirable tastes and flavors (Lorido et al., 2018).

Unexpectedly, LYS and KCL showed the dominance of "umami taste." This suggested that Lysine and Potassium Chloride may have promoted some unknown flavor for consumers which led to classify as "umami". The definition of Umami taste is confusing to consumers and varies according to their age and degree of education, and sometimes this taste can be confused with even textured or holistic concepts (Marques, Reis, Moura, Bonadimann, & Mitterer-Daltoé, 2018). For this reasons umami taste is not so common and appeared as available for choice in the TDS panel.

3.3 Temporal Acceptance Analysis

The sensory attributes evaluated by the consumers is presented in table 6. The appearance, aroma, and texture of the samples did not show a significant difference ($p \geq 0.05$). Regarding the attribute flavor, only the samples I+G and AJI-100 showed lower values than the standard sample NaCl. Tomato sauce is a complex product because it has an expected texture and its seasonality causes strong aromatic characteristics. Therefore, the analysis of the flavor alone did not correspond directly to that found in the overall liking, where the taster was asked to evaluate how he felt after the product tasting experience. As the overall liking does not deal with a specific characteristic such as flavor or texture, it has a more subjective character and

can be influenced by several sensations involved in the tasting process, especially psychological factors such as emotions and pleasure (Sharifet al., 2017). By including more variables, it is believed that the overall liking of the consumer is strongly related to their decision and consumption (Moskowitz & Krieger, 1995).

Table 6: Averages and tukey-test * for the scores assigned by consumers in the acceptance test.

Sample	Appearance	Aroma	Flavor	Texture	Overall Liking	Overall Liking T30	Overall Liking T60
NaCl	6.92 ^a	6.85 ^a	6.77 ^a	6.7 ^a	6.89 ^a	6.68 ^a	6.71 ^a
KCl	6.87 ^a	6.77 ^a	6.26 ^{a.b}	6.45 ^a	6.30 ^a	5.66 ^b	5.62 ^{b.c}
MSG	7.05 ^a	6.94 ^a	6.55 ^{a.b}	6.67 ^a	6.64 ^a	6.47 ^a	6.50 ^a
I+G	6.78 ^a	6.89 ^a	6.04 ^b	6.36 ^a	6.38 ^a	6.05 ^{a.b}	6.01 ^{a.b.c}
IMP	7.01 ^a	6.91 ^a	6.21 ^{a.b}	6.46 ^a	6.42 ^a	6.13 ^{a.b}	6.16 ^{a.b}
Aji-100	6.82 ^a	6.93 ^a	6.07 ^b	6.52 ^a	6.46 ^a	5.95 ^{a.b}	6.11 ^{a.b.c}
LYS	6.85 ^a	6.61 ^a	6.22 ^{a.b}	6.27 ^a	6.35 ^a	5.68 ^b	5.35 ^c

Averages with letters in common in the same column indicate that there was no significant difference between the samples ($p \geq 0.05$) in the Tukey mean test.

According to the acceptance test, the samples KCL and MSG kept their averages similar to the sample NaCl, as well as the I+G and LYS also kept their averages significantly different from the sample NaCl. Table 6 shows that the samples NaCl, KCl, MSG, I+G, and LYS did not alter the behavior in their acceptance averages of residual flavor in relation to the time when compared to the standard sample.

Initially (OL 0), no significant difference was observed between the average overall liking of the samples, indicating that the possible undesirable flavors did not yet negatively impact the acceptance of the samples. When analyzing the 30s moment, it can be observed that the samples KCL and LYS already presented a significant difference of the standard sample, possibly due to the overlapping of the bitter and metallic flavors from the KCl. Among the umami taste-promoting samples (MSG, IMP.I + G and AJI-100), only MSG remained similar only to the standard sample, the others were not distinguished from any sample. After 60 seconds of ingestion, the residual effect intensified in the LYS sample by highlighting it as the least preferred sample, while NaCl and MSG remained as most preferred. Among the other IMP highlighters distinguished himself only from LYZ. I + G and AJI-100 was not distinguished from each other.

The averages of the samples KCl and LYS at the initial time 0 did not show significant differences from the sample NaCl, yet as time went their averages decrease

becoming significantly different from NaCl. This suggests that undesirable tastes behave residually, verified up to one minute after ingestion, it may also be observed that flavor enhancers, especially MSG, can block residual tastes in a prolonged manner ensuring product acceptance. Although the lysine-containing sample had a sudden drop in acceptance within 30 to 60 seconds, it is suggested that this amino acid may have produced undesirable residual tastes that acted synergistically to those produced by KCL (Figure 2).

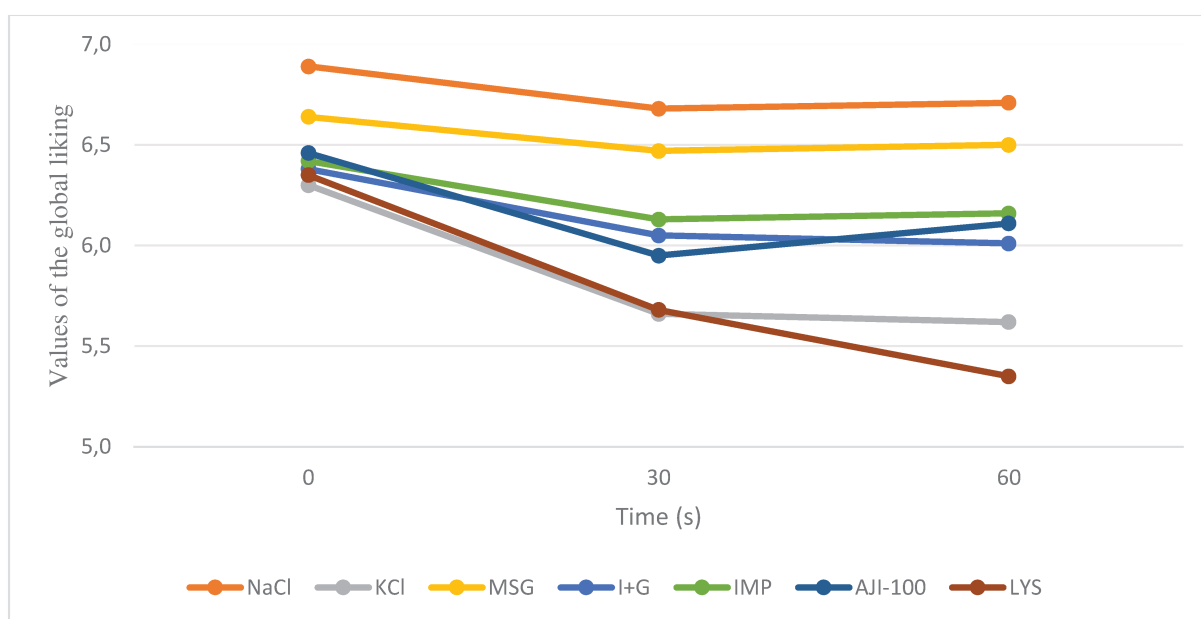


Figure 2: Evolution of preference over time for the seven samples studied.

4. CONCLUSIONS

The combination of KCl and monosodium glutamate was more efficient in the substitution of sodium, due to its greater similarity in sensory perception to NaCl. The addition of lysine promoted the most negative sensory alterations and was not recommended for the production of tomato sauce with partial sodium reduction. Production of the sensory profile through TDS using consumers is restricted as products with flavor enhancers and potassium chloride produce unusual flavors that may confuse consumers during the test.

5. REFERENCES

- Ares, G., Antúnez, L., Bruzzone, F., Vidal, L., Giménez, A., Pineau, B., ... Jaeger, S. R. (2015). Comparison of sensory product profiles generated by trained assessors and consumers using CATA questions: Four case studies with complex and/or similar samples. *Food Quality and Preference*, 45, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.05.007>
- Ares, G., Vidal, L., Allegue, G., Giménez, A., Bandeira, E., Moratorio, X., ... Curutchet, M. R. (2016). Consumers' conceptualization of ultra-processed foods. *Appetite*, 105, 611–617. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.06.028>
- ASTM. (2011). *ASTM E1909 - 11 Standard Guide for Time Intensity Evaluation of Sensory Attributes*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Retrieved from <http://www.astm.org/Standards/E1909.htm>
- Bemfeito, R. M., Rodrigues, J. F., Silva, J. G. e, & Abreu, L. R. (2016). Temporal dominance of sensations sensory profile and drivers of liking of artisanal Minas cheese produced in the region of Serra da Canastra, Brazil. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 7886–7897. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11056>
- Bidlas, E., & Lambert, R. J. W. (2008). Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/sodium replacement. *International Journal of Food Microbiology*, 124(1), 98–102. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.031>
- Braghieri, A., Piazzolla, N., Galgano, F., Condelli, N., De Rosa, G., & Napolitano, F. (2016). Effect of preservative addition on sensory and dynamic profile of Lucanian dry-sausages as assessed by quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations. *Meat Science*, 122, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.07.020>
- Campagnol, P. C. B., dos Santos, B. A., Morgano, M. A., Terra, N. N., & Pollonio, M. A. R. (2011). Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat science*, 87(3), 239-243.
- Campagnol, P. C. B., dos Santos, B. A., Terra, N. N., & Pollonio, M. A. R. (2012). Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. *Meat Science*, 91(3), 334–338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.02.012>
- Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 74(1), 188–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>
- Dos Santos Alves, L. A. A., Lorenzo, J. M., Goncalves, C. A. A., Dos Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2017). Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Science*, 123, 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.09.001>
- dos Santos, B. A., Campagnol, P. C. B., Morgano, M. A., & Pollonio, M. A. R. (2014). 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*, 96(1), 509–513.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.024>
- Drake, S. L., & Drake, M. A. (2011). Comparison of salty taste and time intensity of sea and land salts from around the world. *Journal of Sensory Studies*.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00317.x>
- Du, S., Neiman, A., Batis, C., Wang, H., Zhang, B., Zhang, J., & Popkin, B. M. (2013). Understanding the patterns and trends of sodium intake, potassium intake, and sodium to potassium ratio and their effect on hypertension in China. *The American journal of clinical nutrition*, 99(2), 334–343.
- Esmerino, E. A., Castura, J. C., Ferraz, J. P., Tavares Filho, E. R., Silva, R., Cruz, A. G., ... Bolini, H. M. A. (2017). Dynamic profiling of different ready-to-drink fermented dairy products: A comparative study using Temporal Check-All-That-Apply (TCATA), Temporal Dominance of Sensations (TDS) and Progressive Profile (PP). *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 101, 249–258. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.012>
- Felicio, T.L., Esmerino, E.A., Vidal, V.A.S., Cappato, L.P., Garcia, R.K.A., Cavalcanti, R.N., Freitas, M.Q., et al. (2016), “Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine”, *Food Chemistry*, Vol. 196, pp. 628–637.
- 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 & Technology*, 50(3), 730–735.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.12670>
- Ferrão, L. L., Silva, E. B., Silva, H. L. A., Silva, R., Mollakhalili, N., Granato, D., ... Cruz, A. G. (2016). Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. *Food Research International*, 86, 93–102.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.034>
- Frost, S. C., Blackman, J. W., Ebeler, S. E., & Heymann, H. (2018). Analysis of temporal dominance of sensation data using correspondence analysis on Merlot wine with differing maceration and cap management regimes. *Food Quality and Preference*, 64, 245–252.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.11.011>
- Galvão, M. T. E. L., Moura, D. B., Barretto, A. C. S., & Pollonio, M. A. R. (2014). Effects of micronized sodium chloride on the sensory profile and consumer acceptance of turkey ham with reduced sodium content. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(1), 189–194.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612014005000009>
- Goupil de Bouille, A., Pineau, N., Meyners, M., Martin, N., & Schlich, P. (2010, February). How do panelists use the list of attributes during a temporal dominance of sensations experiment. In *Proceedings of the 11th European Symposium on Statistical Methods for the Food Industry (AgroStat)* (p. 179).

- Grummer, J., Bobowski, N., Karalus, M., Vickers, Z. and Schoenfuss, T. (2013), "Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese", *Journal of Dairy Science*, Vol. 96 No. 3, pp. 1401–1418
- Guàrdia, M. D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P., & Arnau, J. (2008). Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. *Meat Science*, 80(4), 1225–1230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.031>
- Heymann, H., & Ebeler, S. E. (2016). *Sensory and Instrumental Evaluation of Alcoholic Beverages*. *Sensory and Instrumental Evaluation of Alcoholic Beverages*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802727-1/00018-1>
- 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 & nutrition research*, 60(1), 30463.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lorido, L., Estévez, M., Ventanas, J., & Ventanas, S. (2015). Comparative study between Serrano and Iberian dry-cured hams in relation to the application of high hydrostatic pressure and temporal sensory perceptions. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1234–1242. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.029>
- Lorido, L., Estévez, M., & Ventanas, S. (2018). Fast and dynamic descriptive techniques (Flash Profile, Time-intensity and Temporal Dominance of Sensations) for sensory characterization of dry-cured loins. *Meat Science*, 145, 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.028>
- Macfie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, 4(2), 129–148. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1989.tb00463.x>
- Marques, C., Reis, A., Moura, C., Bonadimann, F. S., & Mitterer-Daltoé, M. L. (2018). Consumer insight into the monosodium glutamate. *Acta Scientiarum. Technology*, 40(1), 30838. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v40i1.30838>
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, T. B. (2016). *Sensory Evaluation Techniques*, 448.
- Meyners, M. (2016). Temporal liking and CATA analysis of TDS data on flavored fresh cheese. *Food Quality and Preference*, 47, 101–108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.02.005>
- Monteiro CS. (2008). *Desenvolvimento de molho de tomate Lycopersicon esculentum Mill formulado com cogumelo Agaricus brasiliensis*. Universidade Federal do Paraná.
- Moskowitz, H. R. (1983). *Product testing and sensory evaluation of foods : marketing and R&D approaches*.

- Moskowitz, H. R., & Krieger, B. (1995). The contribution of sensory liking to overall liking: An analysis of six food categories. *Food Quality and Preference*, 6(2), 83–90. [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(95\)98552-T](https://doi.org/10.1016/0950-3293(95)98552-T)
- Moubarac, J.-C., Batal, M., Louzada, M. L., Martinez Steele, E., & Monteiro, C. A. (2017). Consumption of ultra-processed foods predicts diet quality in Canada. *Appetite*, 108, 512–520. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.11.006>
- Oberrauter, L. M., Januszczyńska, R., Schlich, P., & Majchrzak, D. (2018). Sensory evaluation of dark origin and non-origin chocolates applying Temporal Dominance of Sensations (TDS). *Food Research International*, 111, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.007>
- Oliveira, D., Machín, L., Deliza, R., Rosenthal, A., Walter, E. H., Giménez, A., & Ares, G. (2016). Consumers' attention to functional food labels: Insights from eye-tracking and change detection in a case study with probiotic milk. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 160–167. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.066>
- Palazzo, A. B., & Bolini, H. M. A. (2009). Multiple time-intensity analysis and acceptance of raspberry-flavored gelatin. *Journal of Sensory Studies*, 24(5), 648–663. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00231.x>
- Pasin, G., O'Mahony, M., York, G., Weitzel, B., Gabriel, L., & Zeidler, G. (1989). Replacement of Sodium Chloride by Modified Potassium Chloride (Cocrystallized Disodium-5'-Inosinate and Disodium-5'-Guanylate with Potassium Chloride) in Fresh Pork Sausages: Acceptability Testing using Signal Detection Measures. *Journal of Food Science*, 54(3), 553–555.
- 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(2), 159–165. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.04.004>
- Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., ... 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/https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.005>
- Ramsey, I., Ross, C., Ford, R., Fisk, I., Yang, Q., Gomez-Lopez, J., & Hort, J. (2018). Using a combined temporal approach to evaluate the influence of ethanol concentration on liking and sensory attributes of lager beer. *Food Quality and Preference*, 68, 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.019>
- 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/https://doi.org/10.3168/jds.2014-7913>
- Rodrigues, J. F., Souza, V. R. de, Lima, R. R., Carneiro, J. de D. S., Nunes, C. A., & Pinheiro, A. C. M. (2016). Temporal dominance of sensations (TDS) panel behavior: A preliminary

- study with chocolate. *Food Quality and Preference*, 54, 51–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.07.002>
- Schlich, P. (2017). Temporal Dominance of Sensations (TDS): a new deal for temporal sensory analysis Origin of TDS: from intensity to dominance. *Current Opinion in Food Science*, 15, 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.003>
- Sharif, M. K., Butt, M. S., Sharif, H. R., & Nasir, M. (2017). Sensory Evaluation and Consumer Acceptability. In *Handbook of Food Science and Technology* (pp. 362–386).
- Sinopoli, D. A., & Lawless, H. T. (2012). Taste Properties of Potassium Chloride Alone and in Mixtures with Sodium Chloride Using a Check-All-That-Apply Method. *Journal of Food Science*, 77(9). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02862.x>
- Sokolowsky, M., Rosenberger, A., & Fischer, U. (2015). Sensory impact of skin contact on white wines characterized by descriptive analysis, time–intensity analysis and temporal dominance of sensations analysis. *Food Quality and Preference*, 39, 285–297. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.07.002>
- Stone, H., & Sidel, J. L. (1993). *Sensory Evaluation Practices. Sensory Evaluation Practices*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-672482-0.50019-8>
- Tamm, A., Bolumar, T., Bajovic, B., & Toepfl, S. (2016). Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.010>
- Thibaudeau, E., Roy, D., & St-Gelais, D. (2015). Production of brine-salted Mozzarella cheese with different ratios of NaCl/KCl. *International Dairy Journal*, 40, 54–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.07.013>
- 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*, 6(4), 299–308. [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(95\)00032-1](https://doi.org/10.1016/0950-3293(95)00032-1)
- WHO. (2015). Media centre: Noncommunicable diseases. Retrieved from www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/en/
- Wu, H., Yan, W., Zhuang, H., Huang, M., Zhao, J., & Zhang, J. (2016). Oxidative stability and antioxidant enzyme activities of dry-cured bacons as affected by the partial substitution of NaCl with KCl. *Food Chemistry*, 201, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.025>
- Yotsuyanagi, S. E., Contreras-Castillo, C. J., Haguiwara, M. M. H., Cipolli, K. M. V. A. B., Lemos, A. L. S. C., Morgano, M. A., & Yamada, E. A. (2016). Technological, sensory and microbiological impacts of sodium reduction in frankfurters. *Meat Science*, 115, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.016>

SHORT CONTRIBUTION: ELECTROENCEPHALOGRAPHY AND HEDONIC SCALE TO EVALUATE SALT REDUCTION EFFICACY IN TOMATO SAUCE.

Elson Rogério Tavares Filho¹, Erick Almeida Esmerino², Valfredo de Almeida Santos-Junior¹, Eduardo Jose Soares Tavares³, Renato Ortolani Marcondes de Castro³, Helena Maria André Bolini¹.

¹ State University of Campinas – FEA, Food and Nutrition Department, Campinas- Zip code: 13083-862, Brazil.

² Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ) - DTA, Seropédica – RJ- Zip code: 23.890-000, Brazil.

³ Federal University of Alfenas – MED, Medicine Department. Alfenas – MG. Zip code: 37130-000, Brazil.

Author for correspondence:

Elson Rogério Tavares Filho.

State University of Campinas – FEA, Food and Nutrition Department

80 Monteiro Lobato (St), Campinas, São Paulo, Brasil, Zip code: 13083862

Tel: +55 (19) 3521-4059

elsontavares@live.com.

Short version of title: (Neural response of salt substitutes)

Journal of Food Science: Sensory and Food Quality

ABSTRACT

The association of excessive salt consumption with development of noncommunicable diseases has created initiatives for the reformulation of processed foods aiming to reduce the salt content. A neurophysiological and sensory approach provides valuable information to ensure that a reformulated product retains its acceptability to consumers. This study evaluated consumer perception during the ingestion of tomato sauce which was low in sodium by using an electroencephalogram and hedonic acceptance scale. Monosodium glutamate promoted a large increase in cortical activity and also generated a higher rate of acceptance. Disodium inosinate also promoted increased electrical activity and had a similar acceptance to sodium chloride. The sample containing potassium chloride without flavor enhancer was the one that generated the least electrical activity and acceptance. The addition of flavor enhancers — umami taste promoters — masks the sensory defects of KCl and this effect seems to be related to increased electrical activity in brain regions related to taste and reward/pleasure.

Keywords: Electrophysiology, umami, salt substitutes, food choice, neural response.

Practical Application: Neural and sensory response data on salt substitution aim to provide information on how to reduce sodium in a product without compromising its acceptance by the consumer.

1. INTRODUCTION

Diets with frequent consumption of processed foods are related to a high intake of salt, sugar, and saturated fats. This dietary habit is strongly related to the development of noncommunicable diseases (NCDs) such as hypertension, diabetes mellitus, chronic kidney disease, cancer, heart attack, and “stroke (Beaglehole et al., 2011). Several health agencies around the world such as WHO, ANVISA, AWASH, Health Canada, and Public Health England propose guidelines aimed at reducing excessive salt consumption by means of educational policies, an increased consumption of potassium, and reformulating industrialized foods (Joffres, Campbell, Manns, & Tu, 2007; E. A. F. Nilson, Jaime, & Resende, 2012; Ogbu & Arah, 2016; Public Health England, 2017; Webb et al., 2017; Webster et al., 2015; World Health Organization, 2010).

Some foods have been established as a priority for salt reduction due to high sodium content provided per portion. These include sausage meats, bread, dairy products, sauces like tomato sauce, ketchup, soy sauce, and mayonnaise (WHO & PAHO, 2013). However, it is not enough to reduce the sodium of the formulation; it is necessary to replace it in order to not reduce consumer product acceptance. As a result, strategies like sensory analysis and neurophysiological approaches yield valuable insights for preserving the commercial success of a product (Tomadoni, Fiszman, Moreira, & Tarrega, 2018).

Acceptance testing using a hedonistic scale is effective in obtaining subjective data related to consumer preference (Meilgaard, Civille, & Carr, 2016). In addition to classical sensory analysis, new methodologies have been used to aggregate information related to food consumption and acceptance. Among them, electroencephalograph (EEG) provides information about neural response, and it can be used to understand how the brain responds to gustatory stimuli (Crouzet, Busch, & Ohla, 2015; Park, Looney, & Mandic, 2011).

The EEG is a low-cost, non-invasive method of monitoring cortical electrical activity (Nunez & Srinivasan, 2009). EEGs have been successfully used to evaluate the behavior of neural stimulation of flavorless and flavored chewing gum, discrimination of sweet and salty stimuli in aqueous solutions, acceptance of beer, and sweetened solutions with sucrose and sweeteners (Andersen et al., 2018; Gonzalez Viejo, Fuentes, Howell, Torrico, & Dunshea, 2018; Hashida, Silva, Souto, & Costa, 2005; Yagyu et al., 1998).

The present study used EEG and a hedonic scale to explore the neuronal response of individuals when consuming standard tomato sauce (salted only with sodium chloride [NaCl]) and also sauces containing the replacement of 50% of sodium chloride with potassium chloride (KCl), mixed or not with monosodium glutamate (MSG), and inosinate disodium (IMP).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Tomato sauce base

The tomato sauce samples were elaborated in the Laboratory of Food Technology at the Federal University of Alfenas. For its preparation it was used: Canned peeled tomatoes (Fiamma Vesuviana®, Ottaviano-Italy), extra virgin olive oil (Hojiblanca®, Madrid-Spain), dehydrated oregano (Kitano®, São Bernardo do Campo-Brazil), dehydrated basil (Kitano®, São Bernardo do Campo-Brazil), dehydrated chives (Kitano®, São Bernardo do Campo-Brazil), dehydrated parsley (Kitano®, São Bernardo do Campo-Brazil), corn starch (MAIZENA®, Moji-Guaçu -Brazil), crystal sugar (União®, Sertãozinho, Brazil), fresh onion, fresh garlic.

2.2 Salts

NaCl and KCl (Synth®, São Paulo-Brazil), disodium inosinate + disodium guanylate (AJITIDE I + G®, AJI-NO-MOTO®, São Paulo - Brazil).

2.3 Participants

Twenty tasters were recruited to compose the panel in the Federal University of Alfenas medical school, through dissemination in the information networks of the university. The recruitment conditions consisted of consuming tomato sauce (at least once a week) and availability of time to participate in the sessions.

After screening, nine volunteers (five men and four women) were recruited to participate in the study. The exclusion criteria for participation in the study were: people who were ill or using medication for chronic illness, smokers, pregnant, chemical dependents, minors, people with any taste disorders, people presenting allergies to any component of the formula or having already presented any adverse reaction to examinations similar to an EEG. Participants were instructed to not ingest water or food for at least two hours before the examination.

2.4 Stimulating taste

The taste stimuli consisted of four different samples of tomato sauce, the constitution of each sample can be seen in table 1. Distilled water was used as neutral stimulus solution (baseline) to promote the return of EEG basal stimulus and to wash participants' mouths after each stimulation.

Table 1: Set of samples used as a gustatory stimulus.

Sample Name	Composition
NaCl	Sauce basis + 0.87% sodium chloride
KCl	Sauce basis + 0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride
MSG	Sauce basis + 0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.6% monosodium glutamate
IMP	Sauce basis + 0.58% potassium chloride + 0.435% sodium chloride + 0.03% disodium inosinate

2.5 Sensory analysis

After electroencephalogram sessions, the samples were again presented to the participants, and an unstructured linear hedonic scale (9cm) was applied (Stone, 2012), anchored at its extremes with, on the left "dislike extremely," and on the right "like extremely". Participants were instructed to evaluate samples for taste. All samples were evaluated using complete block balancing (Wakeling & MacFie, 1995).

2.6 Procedure

The participants performed a test session where each sample was stimulated for 2 minutes, preceded and succeeded by a stimulus with a neutral solution of distilled water for 1 minute. Before the test, a verbal explanation was given about the procedure, the positioning of electrodes, how to keep the sample in the mouth, and how to maintain posture during the procedure.

The sessions were held in a comfortable chair. After positioning the electrodes, EEG recording began, with patients remaining at rest for 1 minute until the stabilization of their brain waves. Then, participants received stimulus first with distilled water, followed by the sample, distilled water again, the sample, and so on until the sample set was finished. All samples were evaluated using complete block balancing (Wakeling & MacFie, 1995). During stimulation, testers were instructed to neither swallow the samples nor open their eyes for 20 seconds. After the EEG was executed, a

pause of 30 minutes was taken and the samples were again presented together on the hedonic scale.

2.7 Electrodes and data collection

EEG data were recorded at positions Cz, FP1, FP2, T3 and T4 according to the system 10-20, with a sensitivity of 7 μ V / mm and 60Hz filter. The taste-related stimuli, as well as the decision-making system, share the following areas: prefrontal cortex, cingulate gyrus, and temporal cortex.

2.8 Results analysis

The electroencephalographic records were analyzed by detailed visual inspection performed by clinical neurophysiologists in the field of electroencephalography. Initially, the spectra were read in isolation and then palate readings were compared with baseline readings.

The data obtained in the acceptance test were submitted to Variance Analysis (ANOVA) and Fisher tests, when the occurrence of significant differences among averages were verified ($p \leq 0.05$) (Meilgaard et al., 2016; H. Stone, Bleibaum, & Thomas, 2012).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The study explored changes in electrical response of the cerebral cortex in the temporal and frontal regions. The frontal region of the prefrontal cortex acts in the primary reinforcement system, which includes taste, touch, processing of texture, and recognition of facial expression. Therefore, it plays a fundamental role in the affective process that determines whether a food will be accepted or not (Rolls, 2017). Another important brain region in this process is the primary gustatory area (G area), positioned at the transition between the parietal operculum and the cerebral cortex insula, including the temporal cortex borders. This is a region with high responsiveness to gustatory stimuli (Kobayakawa et al., 1996; Mizoguchi, 2002).

The complex phenomenon of food choice, the sensation of satiety, and the pleasure promoted by food seems to be strongly involved with these cortical regions. This region is also related to the factors that lead to excessive consumption of foods rich in fats, sugars, and salt, which are considered to be high palatability foods (Kenny, 2011).

Two pathways are elucidated involving this process: the pathway that controls the expression of metabolic signs of hunger and satiety, and another involved with stimulation of the reward system (Sclafani & Ackroff, 2003).

The standard NaCl sample, which contained sodium chloride exclusively as a saltiness substance, caused moderate changes in brain activity (Figure 1 and Table 2), as recorded at five electroencephalogram positions, with a higher intensity in the prefrontal region detected by Fp1 and Fp2 electrodes. Individually, sodium chloride activates a small region of the primary gustatory area (Chiaraviglio, 1984), but in this study, the stimulation appeared to be more intense and covered a larger area of the prefrontal cortex, both for NaCl and for the other samples. This can be explained mainly by the presence of various aromatic substances that promote taste and scent in tomato sauce (Markovic, Vahic, Kovaevic, & Banovic, 2007), as well as the affective memory of tomato sauce since this is widely consumed in a wide range of dishes.

KCl sample was the one that less stimulated the cortex compared to others. The electroencephalographic only traced mild and short-changes (Figure 2 and Table 2). Whereas the sample contained 50% substitution of sodium chloride for potassium chloride which is recognized to contain residual bitter and metallic flavor (Katica *et al.*, 2017), we believe that the presence of potassium influenced the response cortical.

Plata-Salaman, Smith-Swintosky, & Scott, (1996), when compared the stimuli of different substances in neurons isolated from the insular and opercular cortex of monkeys, found that stimulus pattern of KCl was more similar to bitter substances such as quinine and magnesium chloride (MgCl) than with NaCl, evidencing that although the KCl produced salty taste, its bitter stimulation overlapped in the studied neurons.

According to Peng *et al.*, (2015), the stimulation of bitter and its cortical response affects consumption behavior because bitter taste is evolutionarily characteristic of venomous substances, its stimulation seems to inhibit somehow the pleasure for ingestion. Among the basic tastes, bitter is the one that has less acceptance among consumers. Moreover, sweet stimuli (better acceptance) and bitter (worse acceptance) are discriminated more rapidly by the brain, which correlates with the hedonic evolutionary characteristic of acceptance or rejection of a substance, respectively (Wallroth & Ohla, 2018).

Table 2: Representing the consensus obtained by visual inspection of the EEG.

Substance	Positions
-----------	-----------

		Fz	Fp1	Fp2	T3	T4
Participants	1	NaCl	-	-	↑	-
		KCl	-	-	-	-
		MSG	↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑
		IMP	↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑
	2	NaCl	-	-	↑	-
		KCl	-	-	↑	-
		MSG	-	-	↑↑↑	-
		IMP	-	-	↑↑↑	-
	3	NaCl	-	-	↑	-
		KCl	-	-	↑	-
		MSG	-	-	↑	-
		IMP	-	-	↑	-
	4	NaCl	-	-	↑	↑
		KCl	-	-	↑	↑
		MSG	↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑↑
		IMP	↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑↑
	5	NaCl	-	-	-	-
		KCl	-	-	-	-
		MSG	↑↑	↑↑↑	↑↑	↑↑
		IMP	↑↑	↑↑↑	↑↑	↑↑
	6	NaCl	-	-	↑↑	-
		KCl	-	-	-	-
		MSG	-	-	↑↑↑	↑↑↑
		IMP	-	-	↑↑↑	↑↑↑
	7	NaCl	↑	↑↑	↑	↑
		KCl	-	-	-	-
		MSG	↑	↑↑	↑	↑↑
		IMP	↑	↑↑	↑	↑↑
	8	NaCl	-	-	↑	↑
		KCl	-	-	↑	-
		MSG	-	-	↑↑↑	↑↑↑
		IMP	-	-	↑↑↑	↑↑
	9	NaCl	-	↑↑	-	-
		KCl	-	↑↑	-	-
		MSG	-	↑↑↑	-	-
		IMP	-	↑↑↑	-	-

Legend: Arrows pointed up indicate an increase in the electrical activity of the brain. The number of arrows indicates the intensity of this increase (↑ = Discrete; ↑↑ = Moderate, ↑↑↑ = High).

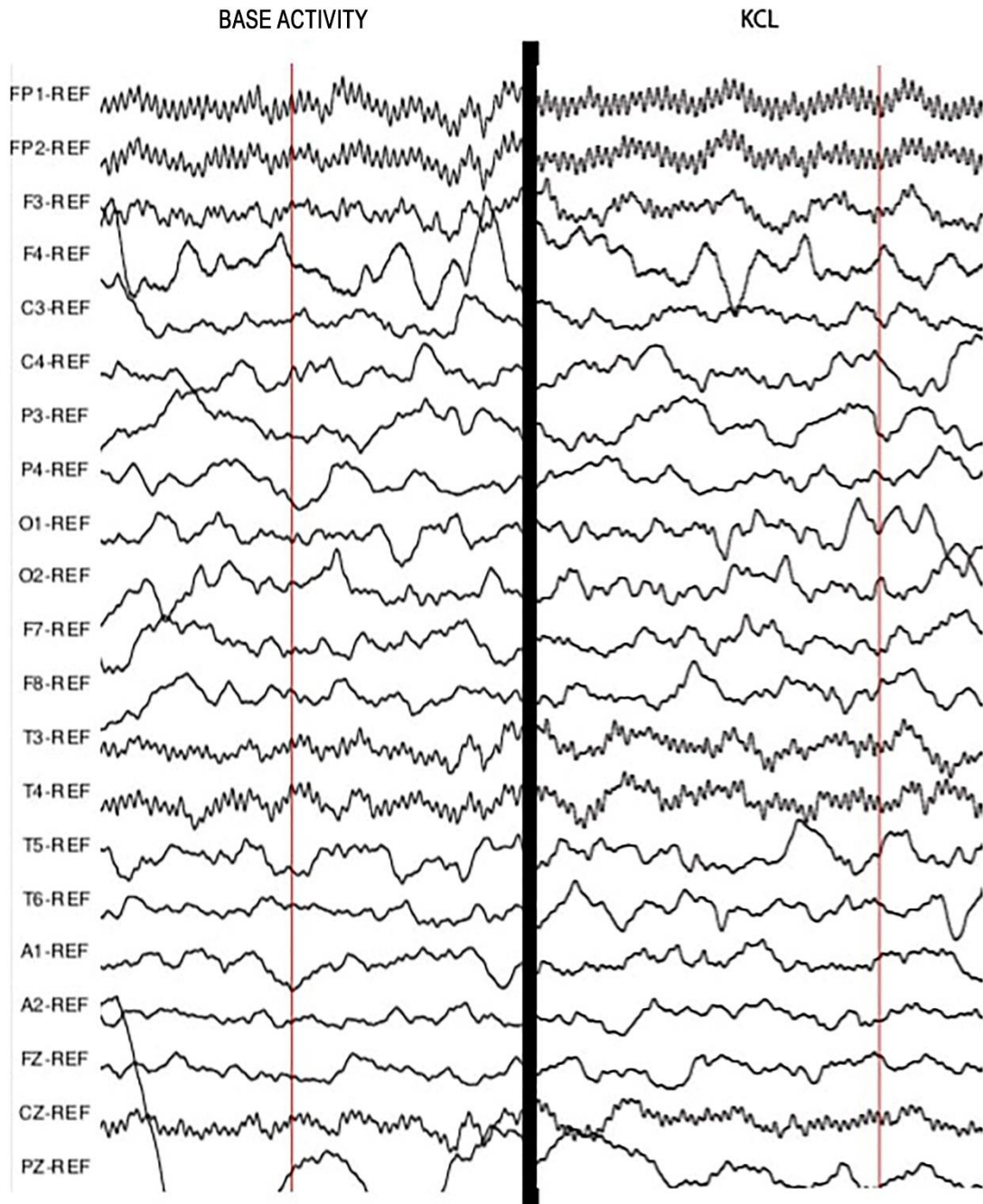


Figure 2: Base activity compared to KCl. Practically unchanged activity in regions studied, compared to baseline activity.

MSG and IMP promoted a strong increase in brain electrical activity in five regions studied, evidenced in Figure 3 and Table 2. About “umami” stimuli (typical of monosodium glutamate and inosinate) and sweet (glucose), greater activity of the anterior parts of the insular cortex, frontal operculum and orbit-frontal cortex was evidenced when compared to a solution containing only the major ionic components of saliva. Besides, De Araujo, Kringelbach, Rolls, & Hobden, (2003) found that the psychophysical effect, known as "synergism for umami substances," is reflected in the activity of orbit-frontal

cortex, and given the range of flavors present in spicy tomato sauce, this synergistic effect seems to have occurred.

There is an individual variation for the perception of basic tastes by humans (Melis & Barbarossa, 2017) and for umami (Singh; Schuster; Seo, 2010), being able to classify individuals in High-Taster and Low-Tasters according to their sensitivity (Han *et al.*, 2018). In this work, a strong alteration in the response was seen in tasters, which suggests that the majority is classified as High Taster. Another indication that was related to this finding was high acceptance scores for the MSG and IMP samples, despite containing KCl. Thus, the action of glutamate and disodium Inosinate ions can promote taste improvement in tomato sauce containing KCl as a partial substituent of NaCl, mainly by the signaling at T1R1 / T1R3 receptors.

Umami taste is mediated by multiple receptors, including taste receptors T1R1 + T1R3, and metabotropic glutamate receptors (mGluR) (Yasumatsu *et al.*, 2015). The mGluR occurs mainly in the posterior region of the tongue and is associated with a distinction between umami and other flavors, whereas T1R1 / T1R3 signal occurs mainly in the anterior region of the tongue and plays an important role in preferred behavior (Dang *et al.*, 2019).

Because it is a complex food matrix with several flavoring promoter substances, the hypothesis was also that a nonlinear increase in the intensity subjectively detected by a mixture between the monosodium glutamate and disodium inosinate substances could occur in the matrix of sauce. De Araujo *et al.*, (2003), also evidenced this synergism. This finding exemplifies the process of a complex interaction between the structural properties of gustatory stimuli and their palatability, and increased palatability promoted by the addition of GSM to food.

Acceptance test showed that MSG presented a higher mean of acceptance, becoming more accepted (Table 3). Monosodium glutamate promotes umami taste, and has the appetite-increase property by improving the palatability of food (Rogers & Blundell, 1990) even in individuals with impaired palate (Schiffman, 1998). When used in fish burgers, fried bread, soup, and chicken broth, monosodium glutamate also promoted increased consumer acceptability (Chi & Chen, 1992; Maheshwari *et al.*, 2017; Quadros *et al.*, 2015).

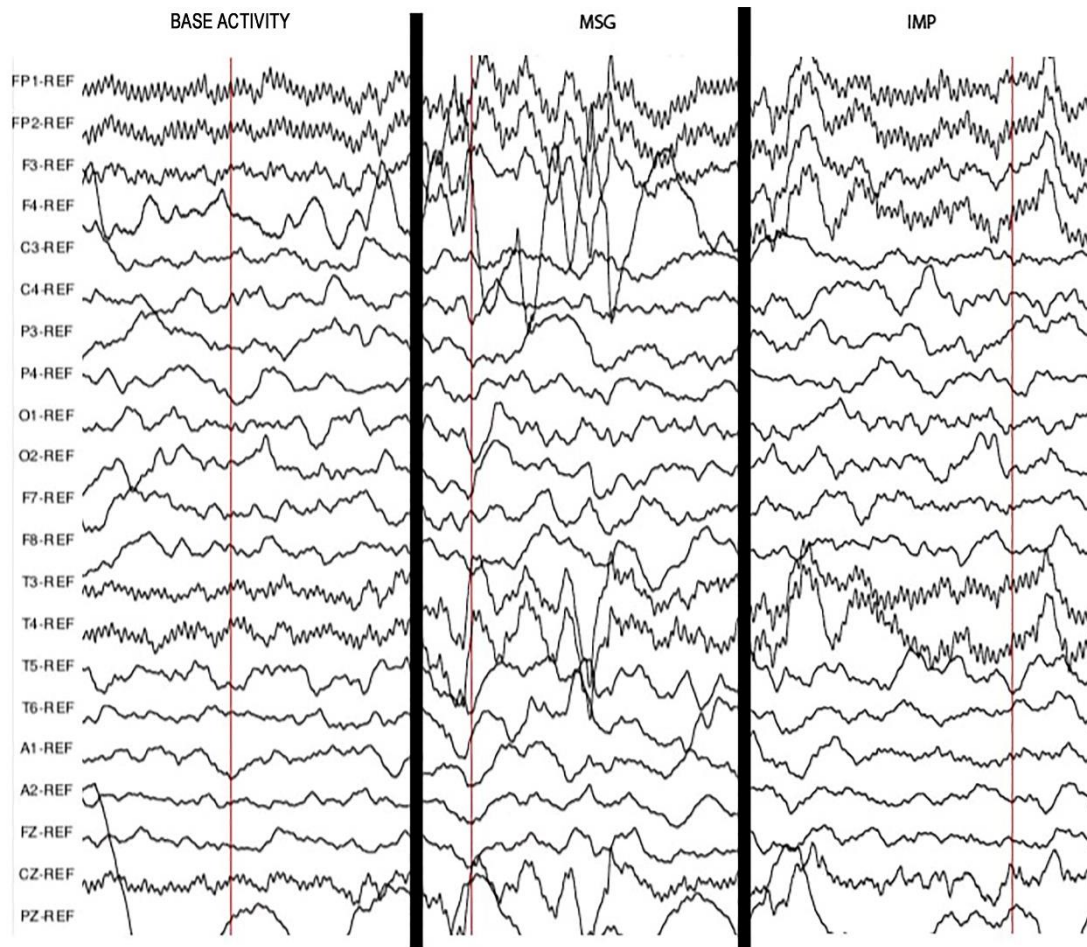


Figure 3: Basic Activity compared to MSG and IMP. Presence of great alteration of the wave amplitude, with greater activity in temporal lobes.

Table 3: Fisher's mean test for means of acceptance.

Category	LS means	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups
MSG	6.456	0.471	5.484	7.428	A
NaCl	4.350	0.471	3.378	5.322	B
IMP	4.344	0.471	3.372	5.316	B
KCl	2.144	0.471	1.172	3.116	C

NaCl and IMP did not differ among themselves in an acceptance test; this result showed that disodium inosinate was able to improve the flavor of potassium chloride-containing dressing. Campagnol, Santos, Morgano, Terra, & Pollonio, (2011) and Dos Santos, Campagnol, Morgano, & Pollonio, (2014) have demonstrated that the use of disodium inosinate is efficient in reducing sensory defects caused by the replacement of NaCl by KCL.

The sample containing KCl presented the lowest acceptance mark distinguishing from all others. This result is associated with KCl sensory defects when used in large proportion as bitter and metallic taste. Wu et al., (2015) reported that replacing NaCl with KCl without adjuvant strategies in proportions greater than 40% promotes serious sensory defects.

4. CONCLUSION

The addition of umami flavor substances are indicated to improve acceptance of products containing potassium chloride as a sodium chloride replacement. The stimulation of frontal and temporal cortices plays an important role in food acceptance. Use of substances that stimulate them seems to be an effective strategy in the process of restructuring a food, especially one with the addition of less palatable ingredients.

Acknowledgments

For their support: National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

Author Contributions

Tavares-Filho E.R, Esmerino E.A, and Santos-Junior V.A. designed the study, conducted the tests, collected/analyzed the data and drafted the manuscript. Tavares E.J.S., conducted sensory/EEG tests, collected data and revised the work critically improving the intellectual content. Bolini H.M.A and Castro R.O.M worked on the study design process, analyze the results, edited the draft, reviewed all documents critically, and approved the final manuscript for submission to the Journal.

The present study was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Alfenas-MG, under the number of accepted opinion 2398232.

5. REFERENCES

- Andersen, C. A., Kring, M. L., Andersen, R. H., Larsen, O. N., Kjær, T. W., Kidmose, U., ... Kidmose, P. (2018). EEG discrimination of perceptually similar tastes. *Journal of Neuroscience Research*. doi:10.1002/jnr.24281
- Beaglehole, R., Bonita, R., Horton, R., Adams, C., Alleyne, G., Asaria, P., ... Watt, J. (2011). Priority actions for the non-communicable disease crisis. *The Lancet*, 377(9775), 1438–1447. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60393-0
- Campagnol, P. C. B., Santos, B. A. dos, Morgano, M. A., Terra, N. N., & Pollonio, M. A. R. (2011). Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Science*, 87(3), 239–243. doi:10.1016/j.meatsci.2010.10.018
- Chi, S. P., & Chen, T. C. (1992). Predicting optimum monosodium glutamate and sodium chloride concentrations in chicken broth as affected by spice addition. *Journal of Food Processing and Preservation*, 16(5), 313–326. doi:10.1111/j.1745-4549.1992.tb00212.x
- Chiaraviglio, E. (1984). Sodium chloride intake following electrochemical stimulation of the frontal lobe cortex in the rat. *Physiology and Behavior*, 33(4), 547–551. doi:10.1016/0031-9384(84)90369-X
- Crouzet, S. M., Busch, N. A., & Ohla, K. (2015). Taste quality decoding parallels taste sensations. *Current Biology*, 25(7), 890–896. doi:10.1016/j.cub.2015.01.057
- Dang, Y., Hao, L., Cao, J., Sun, Y., Zeng, X., Wu, Z., & Pan, D. (2019). Molecular docking and simulation of the synergistic effect between umami peptides, monosodium glutamate and taste receptor T1R1/T1R3. *Food Chemistry*, 271, 697–706. doi:10.1016/j.foodchem.2018.08.001
- de Araujo, I. E. T., Kringelbach, M. L., Rolls, E. T., & Hobden, P. (2003). Representation of Umami Taste in the Human Brain. *Journal of Neurophysiology*, 90(1), 313–319. doi:10.1152/jn.00669.2002
- dos Santos, B. A., Campagnol, P. C. B., Morgano, M. A. Ô., & Pollonio, M. A. R. (2014). 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*, 96(1), 509–513.

doi:10.1016/j.meatsci.2013.08.024

Gonzalez Viejo, C., Fuentes, S., Howell, K., Torrico, D. D., & Dunshea, F. R. (2018).

Integration of non-invasive biometrics with sensory analysis techniques to assess acceptability of beer by consumers. *Physiology and Behavior*.

doi:10.1016/j.physbeh.2018.02.051

Hashida, J. C., Silva, A. C. S., Souto, S., & Costa, E. J. X. (2005). EEG pattern

discrimination between salty and sweet taste using adaptive Gabor transform.

Neurocomputing, 68(1–4), 251–257. doi:10.1016/j.neucom.2005.04.004

Joffres, M. R., Campbell, N. R. C., Manns, B., & Tu, K. (2007). Estimate of the benefits of a population-based reduction in dietary sodium additives on hypertension and its

related health care costs in Canada. *Canadian Journal of Cardiology*, 23(6), 437–443. doi:10.1016/S0828-282X(07)70780-8

Kenny, P. J. (2011). Reward Mechanisms in Obesity: New Insights and Future

Directions. *Neuron*, 69(4), 664–679. doi:10.1016/j.neuron.2011.02.016

Kobayakawa, T., Endo, H., Ayabe-Kanamura, S., Kumagai, T., Yamaguchi, Y.,

Kikuchi, Y., ... Ogawa, H. (1996). The primary gustatory area in human cerebral cortex studied by magnetoencephalography. *Neuroscience Letters*, 212(3), 155–

158. doi:10.1016/0304-3940(96)12798-1

Maheshwari, H., Prabhavathi, S., Devisetti, R., & Prakash, J. (2017). Determining

Efficacy of Monosodium Glutamate for Salt Reduction in Plain and Spiced

‘Poories’ Through Sensory Responses. *Journal of Experimental Food Chemistry*, 03(03). doi:10.4172/2472-0542.1000129

Markovic, K., Vahic, N., Kovaevic, K., & Banovic, M. (2007). Aroma volatiles of

tomatoes and tomato products evaluated by solid-phase microextraction. *Flavour and Fragrance Journal*, (5), 395–400. doi:10.1002/ffj

Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, T. B. (2016). Sensory Evaluation Techniques,

448.

Melis, M., & Barbarossa, I. T. (2017). Taste perception of sweet, sour, salty, bitter, and

Umami and changes due to L-arginine supplementation, as a function of genetic

- ability to taste 6-n-propylthiouracil. *Nutrients*, 9(6). doi:10.3390/nu9060541
- Mizoguchi, C. (2002). Gustatory Evoked Cortical Activity in Humans Studied by Simultaneous EEG and MEG Recording. *Chemical Senses*, 27(7), 629–634. doi:10.1093/chemse/27.7.629
- Nilson, E. A. F., Jaime, P. C., & Resende, D. de O. (2012). Iniciativas desenvolvidas no Brasil para a redução do teor de sódio em alimentos processados. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 32(4), 287–292. doi:10.1590/S1020-49892012001000007
- Nunez, P. L., & Srinivasan, R. (2009). Electric Fields of the Brain: The neurophysics of EEG. *Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of EEG*, 1–611. doi:10.1093/acprof:oso/9780195050387.001.0001
- Ogbu, U. C., & Arah, O. A. (2016). World Health Organization. *International Encyclopedia of Public Health*, 461–467. doi:10.1016/B978-0-12-803678-5.00499-9
- Park, C., Looney, D., & Mandic, D. P. (2011). Estimating human response to taste using EEG. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 6331–6332. doi:10.1109/IEMBS.2011.6091563
- Peng, Y., Gillis-Smith, S., Jin, H., Tränkner, D., Ryba, N. J. P., & Zuker, C. S. (2015). Sweet and bitter taste in the brain of awake behaving animals. *Nature*, 527(7579), 512–515. doi:10.1038/nature15763
- Plata-Salaman, C. R., Smith-Swintosky, V. L., & Scott, T. R. (1996). Gustatory neural coding in the monkey cortex: mixtures. *Journal of Neurophysiology*, 75(6), 2369–2379. doi:10.1152/jn.1996.75.6.2369
- Public Health England. (2017). Salt Reduction Targets for 2017, (March). Retrieved from www.gov.uk/phe%0Awww.facebook.com/PublicHealthEngland
- Quadros, D. A. de, Rocha, I. F. de O., Ferreira, S. M. R., & Bolini, H. M. A. (2015). Low-sodium fish burgers: Sensory profile and drivers of liking. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 236–242. doi:10.1016/j.lwt.2015.03.083
- Rogers, P. J., & Blundell, J. E. (1990). Umami and appetite: Effects of monosodium

- glutamate on hunger and food intake in human subjects. *Physiology and Behavior*, 48(6), 801–804. doi:10.1016/0031-9384(90)90230-2
- Rolls, E. T. (2017). The orbitofrontal cortex and emotion in health and disease, including depression. *Neuropsychologia*. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2017.09.021
- Schiffman, S. S. (1998). Sensory enhancement of foods for the elderly with monosodium glutamate and flavors. *Food Reviews International*, 14(2–3), 321–333. doi:10.1080/87559129809541164
- Sclafani, A., & Ackroff, K. (2003). Reinforcement value of sucrose measured by progressive ratio operant licking in the rat. *Physiology and Behavior*, 79(4–5), 663–670. doi:10.1016/S0031-9384(03)00143-4
- Stone, H. (2012). Sensory Evaluation Practices. *Sensory Evaluation Practices*. doi:10.1016/C2009-0-63404-8
- Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, H. A. (2012). Chapter 7: Affective Testing. *Sensory Evaluation Practices*, 291–325. doi:10.1016/B978-0-12-382086-0.00007-8
- Tomadoni, B., Fiszman, S., Moreira, M. R., & Tarrega, A. (2018). The Role of the Dynamic Sensory Perception in the Reformulation of Shakes: Use of TDS for Studying the Effect of Milk, Fiber, and Flavor Addition. *Journal of Food Science*, 83(1), 198–204. doi:10.1111/1750-3841.14008
- 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*, 6(4), 299–308. doi:10.1016/0950-3293(95)00032-1
- Wallroth, R., & Ohla, K. (2018). As Soon as You Taste It: Evidence for Sequential and Parallel Processing of Gustatory Information. *Eneuro*, 5(5), ENEURO.0269-18.2018. doi:10.1523/ENEURO.0269-18.2018
- Webb, M., Fahimi, S., Singh, G. M., Khatibzadeh, S., Micha, R., Powles, J., & Mozaffarian, D. (2017). Cost effectiveness of a government supported policy strategy to decrease sodium intake: Global analysis across 183 nations. *BMJ*

(Online), 356. doi:10.1136/bmj.i6699

Webster, J., Trieu, K., Dunford, E., Nowson, C., Jolly, K.-A., Greenland, R., ... Bolam, B. (2015). Salt reduction in Australia: from advocacy to action. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy Reformulation; Review of Strategies on Salt Reduction in Australia. Worth a Look, but No New Data Presented*, 5(3 LB-reformulation; review of strategies on salt reduction in Australia. Worth a look, but no new data presented), 207–18 reformulation; review of strategies on sal. doi:10.3978/j.issn.2223-3652.2015.04.02

WHO, & PAHO. (2013). A guide for setting targets and timelines to reduce the salt content of food. Retrieved from http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=21493+&Itemid=999999&lang=en

World Health Organization. (2010). Creating an enabling environment for population-based salt reduction strategies: report of a joint technical meeting held by WHO and the Food Standards Agency. *World Health Organization*, 42. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44474/1/9789241500777_eng.pdf

Wu, H., Zhuang, H., Zhang, Y., Tang, J., Yu, X., Long, M., ... Zhang, J. (2015). Influence of partial replacement of NaCl with KCl on profiles of volatile compounds in dry-cured bacon during processing. *Food Chemistry*, 172, 391–399. doi:10.1016/j.foodchem.2014.09.088

Yagyu, T., Kondakor, I., Kochi, K., Koenig, T., Lehmann, D., Kinoshita, T., ... Yagyu, T. (1998). Smell and taste of chewing gum affect frequency domain EEG source localizations. *International Journal of Neuroscience*, 93(3–4), 205–216. doi:10.3109/00207459808986426

Yasumatsu, K., Manabe, T., Yoshida, R., Iwatsuki, K., Uneyama, H., Takahashi, I., & Ninomiya, Y. (2015). Involvement of multiple taste receptors in umami taste: Analysis of gustatory nerve responses in metabotropic glutamate receptor 4 knockout mice. *Journal of Physiology*, 593(4), 1021–1034. doi:10.1113/jphysiol.2014.284703

4. DISCUSSÃO GERAL

Para os consumidores de molho de tomate, com ênfase naqueles hipertensos, a utilização do cloreto de potássio como substituto de cloreto de sódio, promove um duplo benefício em relação a saúde, pois além de reduzir o conteúdo de sódio total, contribui com o aumento da ingestão de potássio. O papel da ingestão de potássio nos mecanismos de controle e prevenção de hipertensão arterial sistêmica tem atraído a atenção dos profissionais de saúde tornando-se base para tanto clínica e recomendação nutricional e para estabelecer valores de referência dietéticos para este elemento (DICKINSON et al., 2006; FILIPPINI et al., 2017).

A suplementação de potássio reduz a pressão arterial em pacientes hipertensos que ingerem quantidades normais de sódio. O mecanismo de alterações induzidas pelo potássio na pressão arterial não é bem compreendido, contudo a depleção de potássio induz consistentemente a retenção de sódio e como resposta o aumento de pressão. A ingestão de 3.500mg de potássio e ≥ 2.000 mg de sódio, apresenta resultados benéficos a população (KRISHNA, 1990; FILIPPINI et al., 2017). O molho desenvolvido neste estudo provém aproximadamente 182,47mg de potássio por porção (60g).

O teste do ideal com escalas *Just About Right* (JAR) realizado em 120 consumidores brasileiros, identificou a concentração de 0,87% como valor ideal para adição de cloreto de sódio em molhos de tomate. Entretanto se avaliarmos indiretamente apenas a concentração do íon sódio presente no sal, observamos que a concentração ideal para os consumidores é de 0,34%. Assim considerando o consumo da porção de rotulagem (60g) estabelecida pela legislação brasileira, deve-se levar em consideração a ingestão de 205,2 mg de Na⁺, o que corresponde a 10,25% da ingestão máxima diária preconizada pela OMS. Para molhos comercializados no Brasil, a situação se agrava.

Silva e Coutinho (2015), ao analisarem 30 tipos de molho de tomate comercializados no Brasil, encontraram um teor médio de 0,47% de sódio, e evidenciaram que 23 deles são classificados como: “alto teor de sódio”, por possuir quantidade igual ou superior a 400 mg de sódio por 100g ou 100 ml na forma como está exposto à venda (ANVISA, 2010). O teor médio em molhos estadunidenses e canadense são respectivamente 0,65% e 0,68%, enquanto na Austrália os valores atingem 0,83% (BIELAMOWICZ, 2017; CANADA, 2008; WEBSTER; DUNFORD; NEAL, 2010).

Os resultados demonstram que o gosto salgado é importante para o consumidor de molho de tomate. Contudo a utilização apenas de sódio como íon salgante favorece o consumo excessivo e está relacionado ao desenvolvimento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Associado a isso, a OMS preconiza um aumento da ingestão diária de potássio, visto que novas evidências mostram uma redução da pressão arterial de adultos, com aumento da ingesta (FILIPPINI *et al.*, 2017). Este fator associado a característica salgante do cloreto de potássio, fez com que ele se tornasse o sal de escolha para substituir parcialmente o NaCl na reformulação do molho. Além disso, quando comparado a outros sais que promovem gosto salgado (*e.g.* cloreto de cálcio e de magnésio), o KCl é aquele com menores defeitos sensoriais, como gosto amargo e metálico (FELLENDORF; O'SULLIVAN; KERRY, 2016; GRUMMER *et al.*, 2012).

A utilização da análise tempo intensidade (TI) como teste de equivalência teve como finalidade determinar a concentração correta de KCl a ser utilizada para reduzir 50% do NaCl do molho produzido, que continha inicialmente 870mg/100g. Além disso, cinco realçadores de sabor foram utilizados para auxiliar no mascaramento do gosto amargo do KCl sendo estes: MSG, IG, IMP, AJI-100, LYS. Os resultados observados indicaram que o KCl sozinho apresentou 75% de potencial salgante do NaCl, resultado semelhante ao encontrado por Feltrin *et al.* (2014), que determinou 74.75% de potência em solução aquosa. Associado aos realçadores de sabor o KCl conservou sua potência salgante, exceto para a associação com a mistura (50/50) de inosinato e guanilato dissódico, onde o valor foi de 60%.

Testes de equivalência são eficazes para auxiliar o processo de reformulação dos alimentos, uma vez que um mesmo ingrediente pode se comportar de maneira distinta em matrizes alimentares complexas com alto grau de similaridade. Desta forma quando associado a uma mistura de inosinato dissódico e guanilato dissódico (50/50), e adicionado a molho de tomate, o KCl apresentou menor gosto salgado. Além de afetar o gosto salgado, a alteração na receita afeta toda a matriz, e para melhor esclarecer a diferença entre os perfis, utilizou-se metodologias descritivas para melhor caracterizar as amostras, explorando tanto a percepção de assessores por meio da ADQ e TI, quanto a percepção de consumidores através do CATA e TDS.

As quatro metodologias descritivas podem ser segmentadas em diferentes grupos, de acordo com a observação a qual se deseja categorizar. Desta forma os trabalhos foram segmentados primeiramente entre metodologias estáticas e dinâmicas. ADQ e CATA

representam as metodologias estáticas, enquanto TI e TDS as dinâmicas. Metodologias estáticas assim como as dinâmicas, produzem o perfil descritivo das amostras, contudo não levam em consideração a evolução do tempo durante a avaliação do produto. Desta forma, visando cobrir a limitação das técnicas estáticas foram desenvolvidas as técnicas dinâmicas (NGUYEN; NÆS; VARELA, 2018).

Além da classificação das metodologias em relação ao tempo, pode-se também categorizá-las de acordo com a constituição do painel avaliador. Desta forma, ADQ e TI foram definidas como métodos clássicos — painel de assessores com treinamento — enquanto TDS e CATA foram definidas como metodologias rápidas pois utilizaram consumidores sem treinamento. Na ADQ não foram observadas diferenças nos atributos relacionados a aparência e aroma e textura. Nos atributos de sabor da ADQ, foram vistas diferenças significativas no gosto doce, amargo e metálico. No CATA, apenas o gosto amargo diferiu.

A baixa discriminação no CATA pode estar relacionada ao alto grau de similaridade entre as amostras, uma vez que o molho base utilizado foi idêntico, diferindo apenas quanto as substâncias salgantes. Testes utilizando provadores treinados são conhecidos por gerar maior detalhamento do perfil sensorial quando comparado aos que usam consumidores (MELLO; ALMEIDA; MELO, 2019). Essa capacidade de maior detalhamento, oriunda do alto grau de treinamento e especificidade é controversa para alguns autores, uma vez que atributos extremamente peculiares podem ser imperceptíveis para os consumidores e assim não impactar sua decisão de compra e consumo (FONSECA *et al.*, 2016; SYMONEAUX; GALMARINI; MEHINAGIC, 2012; VARELA *et al.*, 2014).

Foram analisados pela TI os atributos amargo, salgado, metálico e gosto de tomate cozido. Conforme a ADQ e CATA, a TI evidenciou menor valor absoluto de gosto amargo na amostra NaCl quando comparada as demais. Contudo o principal achado do método foi referente ao tempo de duração do gosto amargo (TTOT), foi evidenciado que o tempo de surgimento e ápice do gosto amargo não mudou em relação a presença do realçador de sabor, enquanto a duração final sim, as amostras contendo substâncias promotoras de umami (MSG, IG, IMP e AJI-100) tiveram menor duração de gosto amargo se comparado as outras contendo KCL (KCL e LYS). O gosto metálico apresentou diferenças apenas na intensidade máxima e apenas as amostras LYS e KCl apresentaram maior intensidade do gosto maior do que a amostra NaCl. O gosto tomate cozido e gosto salgado não apresentou diferença em nenhum dos parâmetros avaliados para nenhuma das amostras. Desta forma o TI mostrou-se importante para

caracterizar o sabor residual do produto, que pode ser vital no processo de decisão de compra e consumo (ZHANG *et al.*, 2016).

A análise TI, não difere da ADQ apenas no quesito temporalidade, outra diferença a ser ressaltada é o número de atributos a serem avaliados em simultâneo. A ADQ é considerada um método multiatributo, pois em cada sessão com a amostra, o provador é requerido a marcar todos os atributos da lista gerada pelas reuniões de consenso e método de rede. Já a análise TI, avalia um atributo por sessão do provador com a amostra, sendo, portanto, considerada método mono atributo. Assim, visando otimizar o uso do TI, mais laborioso e dispendioso do que ADQ, costuma-se realizar TI apenas nos atributos considerados estratégicos no produto, onde muitas vezes são utilizados os resultados do ADQ afim de selecionar quais atributos serão analisados.

TDS também é um método multiatributo, contudo diferente do CATA e da ADQ o mesmo não suporta uma lista grande de atributos a serem avaliados por vez. O número de atributos considerados ótimos para o TDS está entre 5 e 14 (GOUPIL DE BOUILLE *et al.*, 2010). TDS foi eficiente em descrever as amostras, caracterizando como dominante, atributos que não demonstraram alta intensidade nos outros testes, como sabor de condimentos e ervas, e ácido. Essa caracterização é importante pois traz a luz da avaliação atributos que as vezes passam despercebidos por não serem muito intensos.

Ao se avaliar a aceitação das amostras em três momentos diferentes, imediatamente após o consumo, 30 e 60 segundos após a ingestão notou-se que apesar das amostras não se distinguirem do padrão no momento $t=0$, no final do processo ($t=60$), apenas as amostras IG, IMP, MSG e AKI-100, mantiveram-se semelhante a padrão. Desta forma a utilização da aceitação temporal é útil, principalmente em produtos que podem apresentar sabores residuais.

5. CONCLUSÃO GERAL

Inosinato dissódico e glutamato monossódico são os realçadores de sabor mais indicados para serem associados ao cloreto de potássio em molho de tomate com redução de sódio; tanto o perfil sensorial quanto o eletroencefálico corroboram essa afirmação. Os defeitos sensoriais do KCl tem caráter residual, sendo mais evidente um minuto após a ingestão.

O perfilamento sensorial mostrou que a análise descritiva quantitativa descreveu as amostras com maior número de descritores quando comparada ao CATA, porém o gosto amargo, um dos atributos primordiais no processo de redução de sódio, foi significativo em ambos métodos. Na análise temporal, TI foi eficiente em demonstrar o surgimento e evolução dos sabores residuais enquanto TDS descreveu as amostras levantando atributos que não foram significativos nas metodologias baseadas em intensidade. Assim observou-se que o uso da análise sensorial como ferramenta para reformulação dos alimentos é eficiente, e seus achados demonstraram a importância tanto para as indústrias quanto a comunidade científica. A eletroencefalografia produziu dados que auxiliam na elucidação do fenômeno sensorial, onde pode-se observar o estreitamento da relação entre a composição do alimento e o sistema de prazer e recompensa representado pelo córtex pré-frontal.

O entendimento das competências e limitações de cada teste permite que o analista sensorial atue de forma estratégica. O processo de consumo de um determinado alimento é um fenômeno relacionado a fatores biológicos, psicológicos e estatísticos. Embora este trabalho seja um avanço dentro da compreensão da relação entre neurofisiologia e comportamento do consumidor, outros aspectos poderiam ser explorados por novas pesquisas. Desta forma, é de grande importância realizar novas pesquisas que relacione a análise sensorial com metodologias neurofisiológicas mais avançadas como a ressonância magnética funcional e psicológicas como entrevistas questionários e análise de conteúdo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, Hervé; WILLIAMS, Lynne J. Partial least squares methods: Partial least squares correlation and partial least square regression. *Methods in Molecular Biology*, v. 930, p. 549–579, 2013.

AL-OTAIBI, Mutlag M.; WILBEY, R. Andrew. Effect of chymosin reduction and salt substitution on the properties of white salted cheese. *International Dairy Journal*, v. 16, n. 8, p. 903–909, 2006.

ALBARRACÍN, William *et al.* Salt in food processing; usage and reduction: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 46, n. 7, p. 1329–1336, 2011.

ALBERT, A. *et al.* Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. *Food Quality and Preference*, v. 24, n. 1, p. 111–118, 2012.

ALBERT, A. *et al.* Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Application of QDA®, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. *Food Quality and Preference*, v. 22, n. 5, p. 463–473, 1 jul. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329311000437>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

ANDERSEN, Camilla Arndal *et al.* EEG discrimination of perceptually similar tastes. *Journal of Neuroscience Research*, 2018.

ANDERSON, Cheryl A.M. *et al.* Dietary Sources of Sodium in China, Japan, the United Kingdom, and the United States, Women and Men Aged 40 to 59 Years: The INTERMAP Study. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 110, n. 5, p. 736–745, 2010.

ANDERSON, Cheryl A M *et al.* Results of a novel screening tool measuring dietary sodium knowledge in patients with chronic kidney disease. *BMC Nephrology*, v. 16, n. 1, 2015.

ANVISA. *Perguntas e respostas: Informação nutricional complementar*. . Brasília: [s.n.], 2017. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/2810640/Alegações+nutricionais/ce12a551-b015-47f4-8469-4b26c02fdf29>>.

ANVISA. *RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 54, DE 12 DE NOVEMBRO DE 2012*. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864>. Acesso em: 20 fev. 2019.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução – Regulamento técnico para especiarias, temperos e molhos*. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/c8b2040047457a8c873cd73fbc4c6735/>>. Acesso em: 5 mar. 2019.

ARES, Gaston. Methodological challenges in sensory characterization. *Current Opinion in Food Science*, v. 3, p. 1-5, 2015.

ARES, G; VARELA, P. Methods in Consumer Research, Volume 1: New Approaches to Classic Methods. p. 582, 2018. Disponível em: <<https://books.google.ch/books?id=saXRDgAAQBAJ>>.

B LAWLOR, M Rogeaux J Delarue. Rapid Sensory Profiling Techniques: Applications in New Product Development and Consumer Research. v. 28, p. 584, 2014. Disponível em: <<https://books.google.com/books?id=mNBzAwAAQBAJ&pgis=1>>.

BAMPI, M. *et al.* Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. *LWT - Food Science and Technology*, v. 74, p. 26–33, 2016.

BANNWART, Gisele Cristina Maziero de Campos; PINTO E SILVA, Maria Elisabeth Machado; VIDAL, Gisele. Redução de sódio em alimentos: panorama atual e impactos tecnológicos, sensoriais e de saúde pública. *Nutrire*, v. 39, n. 3, p. 348–365, 2015.

BARYŁKO-PIKIELNA, N; KOSTYRA, E. Sensory interaction of umami substances with model food matrices and its hedonic effect. *Food Quality and Preference*, v. 18, n. 5, p. 751–758, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329307000122>>.

BAYARRI, S. *et al.* Impact of sensory differences on consumer acceptability of yoghurt and yoghurt-like products. *International Dairy Journal*, v. 21, n. 2, p. 111–118, 2011.

BETT, K.L. *et al.* Reducing the noise contained in descriptive sensory data. *J. Sensory Studies*, v. 8, p. 13–29, 1993.

BEYREUTHER, K *et al.* Consensus meeting: monosodium glutamate – an update. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 61, p. 304–313, 2007.

BIELAMOWICZ, Mary K. *EB-1400: The Sodium Content of Your Food*. Disponível em: <<http://www.agrilifebookstore.org/Sodium-Content-of-Your-Food-p/eb-1400.html>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

BONINI-ROCHA, Ana Clara *et al.* Metodologia para observação e quantificação de sinais de EEG relativos a evidências cognitivas de aprendizagem motora. *Ciências & Cognição*, v. 13, n. 2, p. 27–50, 2008. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/download/218/117>>.

BORGUINI, Renata Galhardo da Silva Torres; FERRAZ, Elizabeth. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Reviews International*, v. 25, n. 4, p. 313–325, 2009.

BRAGHIERI, Ada *et al.* Effect of preservative addition on sensory and dynamic profile of Lucanian dry-sausages as assessed by quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations. *Meat Science*, v. 122, p. 68–75, 2016.

BRASIL. *MONITORAMENTO DO PLANO NACIONAL DE REDUÇÃO DO SÓDIO EM ALIMENTOS PROCESSADOS*. Brasília: [s.n.], 2018. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/promocao/relatorio_motitoramento_consolidado_17_18.pdf>.

BREDIE, Wender L.P. *et al.* Flash Profile Method. *Descriptive Analysis in Sensory Evaluation*, p. 513–533, 2017.

BRESLIN, P. A.S.; BEAUCHAMP, G. K. Salt enhances flavour by suppressing bitterness [5]. *Nature*, v. 387, n. 6633, p. 563, 1997.

BROWN, Ian J *et al.* Salt intakes around the world: implications for public health. *International journal of epidemiology*, v. 38, n. 3, p. 791–813, jun. 2009.

BRUNTON, L.L.; CHABNER, B.A.; KNOLLMANN, B.B. *Goodman & Gilman As bases farmacológicas da terapêutica*. 12. ed. São Paulo: AMGH Editora, 2012.

BRUZZONE, Fernanda *et al.* Comparison of intensity scales and CATA questions in new product development: Sensory characterisation and directions for product reformulation of milk desserts. *Food Quality and Preference*, v. 44, p. 183–193, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329315001093>>.

BURTON, Melissa; WANG, Wei Chun; WORSLEY, Anthony. Demographic and psychographic associations of consumer intentions to purchase healthier food products. *Preventive Medicine Reports*, v. 2, p. 21–26, 2015.

CAC, Codex Alimentarius Commission. *Endorsement and/or revision of maximum levels for food additives and processing aids in codex standards*. 2018. Disponível em: Disponível em: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-711-50%252FWD%252Ffa50_05e.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2019.

CADENA *et al.* Comparison of rapid sensory characterization methodologies for the development of functional yogurts. *Food Research International*, v. 64, p. 446–455, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996914005043>>.

CADENA, Rafael Silva; BOLINI, Helena Maria André. Time-intensity analysis and acceptance test for traditional and light vanilla ice cream. *Food Research International*, v. 44, n. 3, p. 677–683, 2011.

CAMARGO, G.; HAJ-ISA, N.; QUEIROZ, M. R. *Avaliação da qualidade de tomate seco em conserva*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. [S.l.: s.n.], 2007

CAMPAGNOL, Paulo Cezar Bastianello *et al.* Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Science*, v. 87, n. 3, p. 239–243, 2011.

CAMPAGNOL, Paulo Cezar Bastianello; DOS SANTOS, Bibiana Alves; *et al.* Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. *Meat Science*, v. 91, n. 3, p. 334–338, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174012000484>>.

CAMPAGNOL, Paulo Cezar Bastianello; ESPINDOLA, Viviane; *et al.* The effect of sodium reduction and the use of herbs and spices on the quality and safety of bologna sausage. *Food Science and Technology*, v. 32, n. 2, p. 289–297, 2012.

CANADA, Health. *No Title Nutrient Value of Some Common Foods*. 1. ed. Ottawa:

Publications, 2008.

CANELLA, Daniela Silva *et al.* Consumo de hortaliças e sua relação com os alimentos ultraprocessados no Brasil. *Rev. saúde pública (Online)*, v. 52, p. 50–61, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102018000100243>.

CANTARELLI, THAMIRIS LINS JOSÉ JÚNIO, Jair Alves Mendes; STEVAN-JR, Sergio Luiz. Fundamentos da medição do EEG. 2016, Ponta Grossa - PR: [s.n.], 2016. p. 7.

CAPANOGLU, Esra *et al.* The effect of industrial food processing on potentially health-beneficial tomato antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 50, n. 10, p. 919–930, 2010.

CARDELLO, Helena Maria André Bolini; SILVA, Maria Aparecida A.P. Da; DAMÁSIO, Maria Helena. Análise descritiva quantitativa de edulcorantes em diferentes concentrações. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n. 3, p. 318–328, 2006.

CARDOSO, Juliana Maria Porto; BATTOCHIO, Juliana Rosa; CARDELLO, Helena Maria André Bolini. Equivalência de dulçor e poder edulcorante de edulcorantes em função da temperatura de consumo em bebidas preparadas com chá-mate em pó solúvel. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 3, 2006.

CAREY, Oliver J.; LOCKE, Christopher; COOKSON, John B. Effect of alterations of dietary sodium on the severity of asthma in men. *Thorax*, v. 48, n. 7, p. 714–718, 1993.

CASTURA, John C *et al.* Temporal Check-All-That-Apply (TCATA): A novel dynamic method for characterizing products. *Food Quality and Preference*, v. 47, p. 79–90, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329315001469>>.

CEPANEC, Katica *et al.* Potassium chloride-based salt substitutes: A critical review with a focus on the patent literature. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 16, n. 5, p. 881–894, 2017.

CHANFORAN, Céline *et al.* The impact of industrial processing on health-beneficial tomato microconstituents. *Food Chemistry*, v. 134, n. 4, p. 1786–1795, 2012.

CHI, S. P.; CHEN, T. C. Predicting optimum monosodium glutamate and sodium chloride concentrations in chicken broth as affected by spice addition. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 16, n. 5, p. 313–326, 1992.

CHIARAVIGLIO, Emma. Sodium chloride intake following electrochemical stimulation of the frontal lobe cortex in the rat. *Physiology and Behavior*, v. 33, n. 4, p. 547–551, 1984.

CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. *Sensory evaluation techniques*. [S.l.]: CRC Press., 2015.

CORRÊA, S. C. *et al.* Comportamento da dominância temporal de sensações e aceitação sensorial de cervejas especiais frente ao consumo repetitivo. 2015, Lavras: [s.n.], 2015. p. 5.

CRUZ, Adriano G. *et al.* Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science and Technology*, v. 22, n. 6, p. 276–291, 2011.

DA-SILVA, Virlane Kelly Lima *et al.* Effect of osmotic pressure in the processing and evaluation of the shelf life of dried tomato. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 31, n. 1, p. 55–66, 2010.

DAGET, Nicole; GUION, Philippe. Influence of glutamic acid or its salts on the sensory characteristics of a chicken broth: reduction of sodium intake. *Food Quality and Preference*, v. 1, n. 3, p. 93–101, 1989.

DANG, Yali *et al.* Molecular docking and simulation of the synergistic effect between umami peptides, monosodium glutamate and taste receptor T1R1/T1R3. *Food Chemistry*, v. 271, p. 697–706, 2019.

DE-MELO, Paulo César Tavares. Cultivares de tomate com características agronômicas e industriais para a produção de atomatados. *Horticultura Brasileira*, v. 1, n. 30, p. 9, 2012.

DE ARAUJO, I.E.T. *et al.* Representation of Umami Taste in the Human Brain. *Journal of Neurophysiology*, v. 90, n. 1, p. 313–319, 2003. Disponível em: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.00669.2002>>.

DEVEZEAUX DE LAVERGNE, M *et al.* Dynamic texture perception and oral processing of semi-solid food gels: Part 1: Comparison between QDA, progressive profiling and TDS. *Food Hydrocolloids*, v. 43, p. 207–217, 2015. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0268005X1400215X/1-s2.0-S0268005X1400215X-main.pdf?_tid=c540a5ba-4b60-11e7-9570-00000aabb0f6c&acdnat=1496826645_4be3fe68f35e7704739c42b15eed940c>.

DIJKSTERHUIS, Garnt B.; PIGGOTT, John R. Dynamic methods of sensory analysis. *Trends in Food Science and Technology*, v. 11, n. 8, p. 284–290, 2000.

DINNELLA, Caterina *et al.* Sensory functionality of extra-virgin olive oil in vegetable foods assessed by Temporal Dominance of Sensations and Descriptive Analysis. *Food Quality and Preference*, v. 26, n. 2, p. 141–150, 2012.

DONOGHUE, S. Projective techniques in consumer research. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences*, v. 28, n. 1, p. 47–53, 2000.

DOS-SANTOS, B. A. *et al.* Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel. *Food Research International*, v. 76, p. 725–734, 2015.

DOS SANTOS, B A *et al.* Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel. *Food Research International*, v. 76, p. 725–734, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996915300909>>.

DOS SANTOS, Bibiana Alves *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*, v. 96, n. 1, p. 509–513, 2014.

DUTCOSKY, S. D. *Análise sensorial de alimentos*. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013.

ESMERINO, E.A. *et al.* The influence of sweeteners in probiotic Petit Suisse cheese in concentrations equivalent to that of sucrose. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 9, p. 5512–

5521, 2013. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84882837270&partnerID=40&md5=93b14f40b8b8c8c8742b7c6218ca30d8>>.

ESMERINO, Erick A. *et al.* Dynamic profiling of different ready-to-drink fermented dairy products: A comparative study using Temporal Check-All-That-Apply (TCATA), Temporal Dominance of Sensations (TDS) and Progressive Profile (PP). *Food Research International*, v. 101, p. 249–258, 2017.

FAO, Food and Agriculture Organization. *Faostat – Statistics Database*. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 05 mar. 2019.>. Acesso em: 5 mar. 2019.

FARIA, J.A.F. *et al.* Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: Effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. *Journal of Dairy Science*, v. 94, n. 6, p. 2701–2706, 2011.

FELLENDORF, Susann; O’SULLIVAN, Maurice G; KERRY, Joseph P. Impact of ingredient replacers on the physicochemical properties and sensory quality of reduced salt and fat black puddings. *Meat Science*, v. 113, p. 17–25, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174015301212>>.

FELTRIN, Ana Carolina *et al.* Sensory study of different sodium chloride substitutes in aqueous solution. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 50, n. 3, p. 730–735, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12670>>.

FILIPPINI, Tommaso *et al.* The effect of potassium supplementation on blood pressure in hypertensive subjects: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, v. 230, p. 127–135, 2017.

FONSECA, Fernando G.A. *et al.* Novel and successful free comments method for sensory characterization of chocolate ice cream: A comparative study between pivot profile and comment analysis. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n. 5, p. 3408–3420, 2016.

GALMARINI, M. V.; VISALLI, M.; SCHLICH, P. Advances in representation and analysis of mono and multi-intake Temporal Dominance of Sensations data. *Food Quality and Preference*, v. 56, p. 247–255, 2017.

GAO, Xueqin; ZHANG, Wangang; ZHOU, Guanghong. Effects of glutinous rice flour on the physiochemical and sensory qualities of ground pork patties. *LWT - Food Science and Technology*, v. 58, n. 1, p. 135–141, 2014.

GÄRTNER, Christine; STAHL, Wilhelm; SIES, Helmut. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 66, n. 1, p. 116–122, 1997.

GELABERT, J. *et al.* Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, v. 65, n. 2, p. 833–839, 2003.

GONZALEZ VIEJO, Claudia *et al.* Integration of non-invasive biometrics with sensory analysis techniques to assess acceptability of beer by consumers. *Physiology and Behavior*, 2018.

GOODSTEIN, Emily S. *et al.* Perception of flavor finish in model white wine: A time-intensity

study. *Food Quality and Preference*, v. 36, p. 50–60, 2014.

GOUPIL DE BOUILLE, A. *et al.* How do panelists use the list of attributes during a temporal dominance of sensations experiment. 2010, [S.l.: s.n.], 2010. p. 179.

GRUMMER, J *et al.* Manufacture of reduced-sodium Cheddar-style cheese with mineral salt replacers. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 6, p. 2830–2839, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030212002597>>.

HALL, John Edward; GUYTON, Arthur C. *Guyton & Hall tratado de fisiologia médica*. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

HAN, Pengfei *et al.* Different Neural Processing of Umami and Salty Taste Determined by Umami Identification Ability Independent of Repeated Umami Exposure. *Neuroscience*, v. 383, p. 74–83, 2018.

HARNACK, Lisa J. *et al.* Sources of sodium in US adults from 3 geographic regions. *Circulation*, v. 135, n. 19, p. 1775–1783, 2017.

HASHIDA, J. C. *et al.* EEG pattern discrimination between salty and sweet taste using adaptive Gabor transform. *Neurocomputing*, v. 68, n. 1–4, p. 251–257, 2005.

HAUTH, M. R. *et al.* Qualidade de tomates para processamento industrial. 2017, Embrapa Mato Grosso: Embrapa Agrossilvipastoril, 2017. p. 4.

HELYES, Lajos; LUGASI, Andrea; PÉK, Zoltán. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v. 36, n. 6, p. 702–709, 2012.

“HIGHER FUNCTIONS OF THE NERVOUS SYSTEM”: CONDITIONED REFLEXES, LEARNING, RELATED PHENOMENA. In: GANONG, W.F. *Review of Medical Book of Physiology*. (pp. 259-269). 21^a Ed. New York: McGraw Hill. 21. ed. [S.l.]: New York: McGraw Hill, 2003.

HORITA, C N *et al.* Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. *Meat Science*, v. 89, n. 4, p. 426–433, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174011001872>>.

HUYNH, Hue Linh; DANHI, Robert; YAN, See Wan. Using Fish Sauce as a Substitute for Sodium Chloride in Culinary Sauces and Effects on Sensory Properties. *Journal of Food Science*, v. 81, n. 1, p. S150–S155, 2016.

HWANG, Eun Sun *et al.* Effects of Heat Treatment on the Carotenoid and Tocopherol Composition of Tomato. *Journal of Food Science*, v. 77, n. 10, 2012.

IDEC. *Redução de sódio em alimentos: uma análise dos acordos voluntários no Brasil*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor., 2014. v. 1.

JAEGER, Sara R. *et al.* Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. *Food Quality and Preference*, v. 42, p. 154–164, 2015.

JINAP, S.; HAJEB, P. Glutamate. Its applications in food and contribution to health. *Appetite*, v. 55, n. 1, p. 1–10, 2010.

JUYUN, Lim. Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food quality and preference*, v. 22, n. 8, p. 733–747, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329311000954>>.

KATICA, Cepanec *et al.* Potassium Chloride-Based Salt Substitutes: A Critical Review with a Focus on the Patent Literature. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 16, n. 5, p. 881–894, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12291>>.

KENNY, Paul J. Reward Mechanisms in Obesity: New Insights and Future Directions. *Neuron*, v. 69, n. 4, p. 664–679, 2011.

KILCAST, D.; DEN RIDDER, C. Sensory issues in reducing salt in food products. *Reducing Salt in Foods: Practical Strategies*, p. 201–220, 2007.

KOBAYAKAWA, Tatsu *et al.* The primary gustatory area in human cerebral cortex studied by magnetoencephalography. *Neuroscience Letters*, v. 212, n. 3, p. 155–158, 1996.

KOBORI, CN *et al.* Teores de carotenoides em produtos de tomate. *Rev Inst Adolfo Lutz*, v. 69, n. 1, p. 78–83, 2010.

KREMER, Stefanie *et al.* Insights on older adults' perception of at-home sensory-hedonic methods: A case of Ideal Profile Method and CATA with ideal. *Food Quality and Preference*, v. 53, p. 29–38, 2016.

LAW, MR; FROST, CD; WALD, NJ. By how much does dietary salt reduction lower blood pressure? I--Analysis of observational data among populations. *Bmj*, v. Apr 6;302, n. 6780, p. 811–815, 1991.

LAWLESS, Harry T.; HEYMANN, Hildegard. Sensory Evaluation of Food. 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-1-4419-6488-5>>.

LOPES, Cristiane de Oliveira *et al.* Effect of the addition of spices on reducing the sodium content and increasing the antioxidant activity of margarine. *LWT - Food Science and Technology*, v. 58, n. 1, p. 63–70, 2014.

LORIDO, Laura *et al.* Comparative study between Serrano and Iberian dry-cured hams in relation to the application of high hydrostatic pressure and temporal sensory perceptions. *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, n. 2, p. 1234–1242, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815300463>>.

LUCIA, Alejandro *et al.* Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France? *British Journal of Sports Medicine*, v. 38, n. 5, p. 636–640, 2004.

LYTRA, Georgia *et al.* How do esters and dimethyl sulphide concentrations affect fruity aroma perception of red wine? Demonstration by dynamic sensory profile evaluation. *Food Chemistry*, v. 194, p. 196–200, 2016.

MAHESHWARI, HM *et al.* Determining Efficacy of Monosodium Glutamate for Salt Reduction in Plain and Spiced 'Poories' Through Sensory Responses. *Journal of Experimental*

Food Chemistry, v. 03, n. 03, 2017. Disponível em: <<https://www.omicsonline.org/open-access/determining-efficacy-of-monosodium-glutamate-for-salt-reduction-inplain-and-spiced-poories-through-sensory-responses-2472-0542-1000129.php?aid=92329>>.

MALULY, Hellen D.B.; ARISSETO-BRAGOTTO, Adriana P.; REYES, Felix G.R. Monosodium glutamate as a tool to reduce sodium in foodstuffs: Technological and safety aspects. *Food Science and Nutrition*, v. 5, n. 6, p. 1039–1048, 2017.

MARKOVIC, K *et al.* Aroma volatiles of tomatoes and tomato products evaluated by solid-phase microextraction. *Flavour and Fragrance Journal*, n. 5, p. 395–400, 2007.

MARTÍNEZ-HUÉLAMO, Miriam *et al.* The tomato sauce making process affects the bioaccessibility and bioavailability of tomato phenolics: A pharmacokinetic study. *Food Chemistry*, v. 173, p. 864–872, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614015453>>.

MCLEAN, Rachael M. Measuring population sodium intake: A review of methods. *Nutrients*, v. 6, n. 11, p. 4651–4662, 2014.

MEILGAARD, Morten; CIVILLE, Gail Vance; CARR, Thomas B. Sensory Evaluation Techniques. p. 448, 2016.

MEILLON, S; URBANO, C; SCHLICH, P. Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines. *Food Quality and Preference*, v. 20, n. 7, p. 490–499, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329309000627>>.

MELIS, Melania; BARBAROSSA, Iole Tomassini. Taste perception of sweet, sour, salty, bitter, and Umami and changes due to L-arginine supplementation, as a function of genetic ability to taste 6-n-propylthiouracil. *Nutrients*, v. 9, n. 6, 2017.

MELLO, Livia Silva Simões; ALMEIDA, Eveline Lopes; MELO, Lauro. Discrimination of sensory attributes by trained assessors and consumers in semi-sweet hard dough biscuits and their drivers of liking and disliking. *Food Research International*, 2019.

MENETON, Pierre *et al.* Links Between Dietary Salt Intake, Renal Salt Handling, Blood Pressure, and Cardiovascular Diseases. *Physiological Reviews*, v. 85, n. 2, p. 679–715, 2005.

MEYNER, Michael. Temporal liking and CATA analysis of TDS data on flavored fresh cheese. *Food Quality and Preference*, v. 47, p. 101–108, 2016a. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329315000361>>.

MEYNER, Michael. Temporal liking and CATA analysis of TDS data on flavored fresh cheese. *Food Quality and Preference*, v. 47, p. 101–108, 2016b.

MHURCHU, Cliona Ni *et al.* Sodium content of processed foods in the United Kingdom : analysis of. *October*, n. 10, p. 594–600, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Brasil. Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) no Brasil, 2011-2022. 2011.

MIRONDO, Rita; BARRINGER, Sheryl. Improvement of Flavor and Viscosity in Hot and

Cold Break Tomato Juice and Sauce by Peel Removal. *Journal of Food Science*, v. 80, n. 1, p. S171–S179, 2015.

MIZOGUCHI, C. Gustatory Evoked Cortical Activity in Humans Studied by Simultaneous EEG and MEG Recording. *Chemical Senses*, v. 27, n. 7, p. 629–634, 2002. Disponível em: <<https://academic.oup.com/chemse/article-lookup/doi/10.1093/chemse/27.7.629>>.

MONTEIRO, CS. *Desenvolvimento de molho de tomate Lycopersicon esculentum Mill formulado com cogumelo Agaricus brasiliensis*. 2008. 176 f. Universidade Federal do Paraná, 2008.

MOREIRA, Márlon Martins *et al.* Inadequação no consumo de sódio e o impacto nos custos de internações por doenças cardiovasculares. *Revista Brasileira de Educação e Cultura*, n. 17, p. 140–148, 2018.

MOSKOWITZ, Howard R. *Product testing and sensory evaluation of foods : marketing and R&D approaches*. [S.l: s.n.], 1983.

NG, M.; CHAYA, C.; HORT, J. Beyond liking: Comparing the measurement of emotional response using EsSense Profile and consumer defined check-all-that-apply methodologies. *Food Quality and Preference*, v. 28, n. 1, p. 193–205, 2013.

NGUYEN, Quoc Cuong; NÆS, Tormod; VARELA, Paula. When the choice of the temporal method does make a difference: TCATA, TDS and TDS by modality for characterizing semi-solid foods. *Food Quality and Preference*, v. 66, p. 95–106, 2018.

NILSON, Eduardo *et al.* Sodium reduction in processed foods in Brazil: analysis of food categories and voluntary targets from 2011 to 2017. *Nutrients*, v. 9, n. 7, p. 742, 2017.

NUNEZ, Paul L.; SRINIVASAN, Ramesh. Electric Fields of the Brain: The neurophysics of EEG. *Electric Fields of the Brain: The neurophysics of EEG*, p. 1–611, 2009.

PARENTE, ME. External Preference Mapping of Commercial Antiaging Creams Based on Consumers' Responses To a Check-All-That-Apply. *Journal of Sensory ...*, v. 26, p. 158–166, 2011. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-459X.2011.00332.x/full>>.

PAULSEN, Morten T *et al.* Effects of NaCl substitution on the sensory properties of sausages: Temporal aspects. *Meat Science*, v. 98, n. 2, p. 164–170, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917401400151X>>.

PENG, Yueqing *et al.* Sweet and bitter taste in the brain of awake behaving animals. *Nature*, v. 527, n. 7579, p. 512–515, 2015.

PEREIRA, S. *Processamento de tomates (Lycopersicon esculentum Mill.), cv. Débora cultivados de forma tradicional e orgânica, para obtenção de extratos*. 2007. 75 f. Universidade Rural do Rio de Janeiro, 2007.

PHAT, Chanvorleak; MOON, Bokyung; LEE, Chan. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system. *Food Chemistry*, v. 192, p. 1068–1077, 2016.

PIETRASIK, Z; GAUDETTE, N J. The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams. *Meat Science*, v. 96, n. 3, p. 1165–1170, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174013006037>>.

PINEAU, N *et al.* Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. *Food Quality and Preference*, v. 20, n. 6, p. 450–455, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329309000603>>.

PLATA-SALAMAN, C. R.; SMITH-SWINTOSKY, V. L.; SCOTT, T. R. Gustatory neural coding in the monkey cortex: mixtures. *Journal of Neurophysiology*, v. 75, n. 6, p. 2369–2379, 1996. Disponível em: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.1996.75.6.2369>>.

POOJARY, Mahesha M.; PASSAMONTI, Paolo. Extraction of lycopene from tomato processing waste: Kinetics and modelling. *Food Chemistry*, v. 173, p. 943–950, 2015.

POPPER, Richard *et al.* The effect of attribute questions on overall liking ratings. *Food Quality and Preference*, v. 15, n. 7–8 SPEC.ISS., p. 853–858, 2004.

QUADROS, Diomar Augusto De *et al.* Low-sodium fish burgers: Sensory profile and drivers of liking. *LWT - Food Science and Technology*, v. 63, n. 1, p. 236–242, 2015.

RANGAN, Cyrus; BARCELOUX, Donald. Food Additives and Sensitivities. *Medical Toxicology of Natural Substances: Foods, Fungi, Medicinal Herbs, Plants, and Venomous Animals*, p. 22–33, 2008.

RAUBER, Fernanda *et al.* Ultra-Processed Food Consumption and Chronic Non-Communicable Diseases-Related Dietary Nutrient Profile in the UK (2008–2014). *Nutrients*, v. 10, n. 5, p. 587, 2018.

RIBEIRO, F.A. *et al.* Sensory acceptability of partial replacement of sodium chloride by potassium chloride and calcium chloride in production of salami with low sodium. *Meat Science*, v. 101, p. 104–105, 2014.

ROCA, M. *Valorização do Tomate Nacional-Extração de licopeno por CO2 supercrítico a partir de resíduo de tomate*. 2009. 80 f. Universidade Técnica de Lisboa, 2009.

RODRIGUES, F. M. *et al.* Alternatives to reduce sodium in processed foods and the potential of high pressure technology. *Food Science and Technology (Campinas)*, v. 36, n. 1, p. 1–8, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612016000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=en>.

RODRIGUES, J F. Investigações sobre técnicas sensoriais: um estudo sobre a metodologia de Dominância Temporal das Sensações (TDS). p. 96, 2017.

ROLLS, Edmund T. The orbitofrontal cortex and emotion in health and disease, including depression. *Neuropsychologia*, 2017.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. *Periodic Table*. Disponível em: <<http://www.rsc.org/periodic-table/element/11/sodium>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

SCHIFFMAN, Susan S. Sensory enhancement of foods for the elderly with monosodium

glutamate and flavors. *Food Reviews International*, v. 14, n. 2–3, p. 321–333, 1998.

SCLAFANI, Anthony; ACKROFF, Karen. Reinforcement value of sucrose measured by progressive ratio operant licking in the rat. *Physiology and Behavior*, v. 79, n. 4–5, p. 663–670, 2003.

SHAH, A.K.M.A. *et al.* Identification and sensory evaluation of flavour enhancers in Japanese traditional dried herring (*Clupea pallasii*) fillet. *Food Chemistry*, v. 122, n. 1, p. 249–253, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610002566>>.

SILVA, A. S; COUTINHO, V. F; AZEVEDO, C. H. Análise do teor de sódio em molhos de tomate industrializados: um alerta para hipertensão. *Saber Científico*, v. 4, n. 1, p. 38–46, 2015.

SINGH, P. B.; SCHUSTER, B.; SEO, H. S. Variation in umami taste perception in the German and Norwegian population. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 64, n. 10, p. 1248–1250, 2010.

SINNAKIROUCHENAN, Ramapriya; KOTCHEN, Theodore A. Role of Sodium Restriction and Diuretic Therapy for “Resistant” Hypertension in Chronic Kidney Disease. *Seminars in Nephrology*, v. 34, n. 5, p. 514–519, 2014.

SIRÓ, István *et al.* Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review. *Appetite*, v. 51, n. 3, p. 456–467, 2008.

SOKOLOWSKY, Martina; FISCHER, Ulrich. Evaluation of bitterness in white wine applying descriptive analysis, time-intensity analysis, and temporal dominance of sensations analysis. *Analytica Chimica Acta*, v. 732, p. 46–52, 2012.

SOKOLOWSKY, Martina; ROSENBERGER, Annett; FISCHER, Ulrich. Sensory impact of skin contact on white wines characterized by descriptive analysis, time–intensity analysis and temporal dominance of sensations analysis. *Food Quality and Preference*, v. 39, p. 285–297, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329314001499>>.

STOKES, Chloe N.; O’SULLIVAN, Maurice G.; KERRY, Joseph P. Hedonic and descriptive sensory evaluation of instant and fresh coffee products. *European Food Research and Technology*, v. 243, n. 2, p. 331–340, 2017.

STONE, H.; BLEIBAUM, R.; THOMAS, H.A. Chapter 7: Affective Testing. *Sensory Evaluation Practices*, p. 291–325, 2012.

STONE, Herbert. Example food: What are its sensory properties and why is that important? *npj Science of Food*, v. 2, n. 1, 2018.

STONE, Herbert; BLEIBAUM, Rebecca; THOMAS, Heather. *Sensory Evaluation Practices*. 4. ed. [S.l.]: Academic Press, 2012.

STONE, HERBERT; OLIVER, SHIRLEY M. Measurement of the Relative Sweetness of Selected Sweeteners and Sweetener Mixtures. *Journal of Food Science*, v. 34, n. 2, p. 215–222, 1969.

SYMONEAUX, R.; GALMARINI, M. V.; MEHINAGIC, E. Comment analysis of consumer’s

likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping. A case study on apples. *Food Quality and Preference*, v. 24, n. 1, p. 59–66, 2012.

TACO, NEPA. Tabela brasileira de composição de alimentos. Revista Ampliada NEPA UNICAMP, p. 161, 2011.

TAYLOR, DENISE E.; PANGBORN, ROSE MARIE. Temporal Aspects of Hedonic Responses. *Journal of Sensory Studies*, v. 4, n. 4, p. 241–247, 1990.

TEIXEIRA, LV. Sensory analysis in the food industry. *Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”*, v. 366, n. 64, p. 12–21, 2009.

THYBO, Anette K.; KÜHN, Birka F.; MARTENS, Harald. Explaining Danish children's preferences for apples using instrumental, sensory and demographic/behavioural data. *Food Quality and Preference*, v. 15, n. 1, p. 53–63, 2004.

TOUFEILI, I. *et al.* The effect of substitution of sodium chloride with potassium chloride on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of Halloumi cheese. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 3, p. 1140–1151, 2012.

TSUGANE, S. *et al.* Salt and salted food intake and subsequent risk of gastric cancer among middle-aged Japanese men and women. *British Journal of Cancer*, v. 90, n. 1, p. 128–134, 2004.

VARELA, P. *et al.* The best of both worlds: Rapidity and enhanced discrimination with a trained panel. Exploration of global and partial PSP with a descriptive step. 2014, Copenhagen, Denmark.: Eurosense, 2014. p. 2.

VARELLA, C. Análise multivariada aplicada as Ciências Agrárias—Análise de Componentes Principais. *Apostila de disciplina*, p. 75, 2008.

VICKERS, ZATA. Sensory Specific Satiety in Lemonade Using a Just Right Scale for Sweetness. *Journal of Sensory Studies*, v. 3, n. 1, p. 1–8, 1988.

VIDAL, Leticia *et al.* Comparison of rate-all-that-apply (RATA) and check-all-that-apply (CATA) questions across seven consumer studies. *Food Quality and Preference*, v. 67, p. 49–58, 2018.

VIDIGAL, Márcia C.T.R. *et al.* Food technology neophobia and consumer attitudes toward foods produced by new and conventional technologies: A case study in Brazil. *LWT - Food Science and Technology*, v. 60, n. 2, p. 832–840, 2015.

WAKELING, Ian N.; MACFIE, Halliday J.H. 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*, v. 6, n. 4, p. 299–308, 1995.

WALLROTH, Raphael; OHLA, Kathrin. As Soon as You Taste It: Evidence for Sequential and Parallel Processing of Gustatory Information. *Eneuro*, v. 5, n. 5, p. ENEURO.0269-18.2018, 2018. Disponível em: <<http://eneuro.org/lookup/doi/10.1523/ENEURO.0269-18.2018>>.

WANG, Xiang Dong. Lycopene metabolism and its biological significance. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 96, n. 5, 2012.

WEBSTER, Jacqueline L *et al.* Salt reduction initiatives around the world. *Journal of hypertension*, v. 29, n. 6, p. 1043–1050, jun. 2011.

WEBSTER, Jacqueline L; DUNFORD, Elizabeth K; NEAL, Bruce C. A systematic survey of the sodium contents of processed foods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 10.3945/ajcn.2009.28688, v. 91, n. 2, p. 413–420, 1 fev. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.2009.28688>>.

WEST, Ryan; SEETHARAMAN, Koushik; DUIZER, Lisa M. Whole grain macaroni: Flavour interactions with sodium-reduced cheese sauce. *Food Research International*, v. 53, n. 1, p. 149–155, 2013.

WHO. *Media centre: Noncommunicable diseases*. Disponível em: <www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/en/>.

WHO. *Sodium intake for adults and children*. . World Health Organization: [s.n.], 2012.

WHO, World Health Organization. *European action plan for food and nutrition policy 2007-2012*. Disponível em: <http://www.euro.who.int/nutrition/ActionPlan/20080516_1>. Acesso em: 3 mar. 2019.

WU, Haizhou *et al.* Influence of partial replacement of NaCl with KCl on profiles of volatile compounds in dry-cured bacon during processing. *Food Chemistry*, v. 172, p. 391–399, 2015.

YAGYU, T. *et al.* Smell and taste of chewing gum affect frequency domain EEG source localizations. *International Journal of Neuroscience*, v. 93, n. 3–4, p. 205–216, 1998.

YAMAGUCHI, Shizuko; NINOMIYA, Kumiko. Umami and Food Palatability. *The Journal of Nutrition*, v. 130, n. 4, p. 921S–926S, 2018.

YASUMATSU, Keiko *et al.* Involvement of multiple taste receptors in umami taste: Analysis of gustatory nerve responses in metabotropic glutamate receptor 4 knockout mice. *Journal of Physiology*, v. 593, n. 4, p. 1021–1034, 2015.

YONAMINE, G. H. *et al.* Desenvolvimento e análise química de preparações com reduzido teor de sódio, lipídios e colesterol. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 16, n. 2, p. 137–143, 2005.

ZENEBON, O; PASCUET, N; TIGLEA, P. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. *Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos*, p. 589–625, 2008.

ZHANG, Ying Na *et al.* Improving the sweet aftertaste of green tea infusion with tannase. *Food Chemistry*, v. 192, p. 470–476, 2016.

ZHUANG, Mingzhu *et al.* Sequence, taste and umami-enhancing effect of the peptides separated from soy sauce. *Food Chemistry*, v. 206, p. 174–181, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616304113>>.

Baracat, C. A. (2018). Percepção do consumidor a respeito da cor do molho de tomate industrializado.

Dickinson, H. O., Nicolson, D., Campbell, F., Beyer, F. R., & Mason, J. (2006). Potassium supplementation for the management of primary hypertension in adults. Cochrane Database of Systematic Reviews, (3).

Filippini, T., Violi, F., D'Amico, R., & Vinceti, M. (2017). The effect of potassium supplementation on blood pressure in hypertensive subjects: a systematic review and meta-analysis. *International journal of cardiology*, 230, 127-135.

Krishna, G. G. (1990). Effect of potassium intake on blood pressure. *Journal of the American Society of Nephrology*, 1(1), 43-52.

Terker, A. S., Zhang, C., McCormick, J. A., Lazelle, R. A., Zhang, C., Meermeier, N. P., ... & Weinstein, A. M. (2015). Potassium modulates electrolyte balance and blood pressure through effects on distal cell voltage and chloride. *Cell metabolism*, 21(1), 39-50.

SPRING. Failing Economy, Failing Health. *Harvard public health*, p.41 2014.

Alvarenga, I. (2019). OPAS/OMS Brasil - Semana Mundial pela Conscientização do Consumo de Sódio | OPAS/OMS. [online] Pan American Health Organization / World Health Organization. Available at: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=4797:semana-mundial-pela-conscientizacao-do-consumo-de-sodio&Itemid=820 [Accessed 29 Apr. 2019].

WHO. (2018). Media centre: Noncommunicable diseases. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>

Rust, P., & Ekmekcioglu, C. (2016). Impact of salt intake on the pathogenesis and treatment of hypertension. In *Hypertension: from basic research to clinical practice* (pp. 61-84). Springer, Cham.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Desenvolvimento e caracterização sensorial de molho de tomate com teor de sódio reduzido.

Elson Rogerio Tavares Filho

Número do CAAE: 49137615.3.0000.5404

Você está sendo convidado a participar como voluntário de um estudo. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos e deveres como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houverem perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Se você não quiser participar ou retirar sua autorização, a qualquer momento, não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo.

Justificativa e objetivos:

Em prol do desenvolvimento de produtos alimentícios com teor de sódio reduzido, que vem sendo estimulado tanto internacionalmente pela “Organização mundial de saúde”, quanto nacionalmente pela “Agencia Nacional de Vigilância Sanitária” esse trabalho visa elaborar molhos de tomate com baixo teor de sódio. Contudo, para produzir tal produto, estudos que investigam as propriedades tecnológicas e sensoriais se fazem necessários, pois produzem informações valiosas à cerca do desenvolvimento do produto.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a: Realizar análises sensoriais, que envolvem inspirar e provar individualmente, as 6 amostras de molho de tomate, seguidos do preenchimento de um questionário do teste. O teste é realizado em uma única sessão com duração aproximada de 15 min, no laboratório de análise sensorial do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP).

Desconfortos e riscos:

Não há riscos previsíveis mediante a realização do teste, contudo você **não** deve participar deste estudo se for alérgico a qualquer uma das substancias abaixo: molho de tomate, sal de cozinha (cloreto de sódio), sal light (cloreto de potássio), realçadores de sabor como Ajinomoto® (glutamato monossódico), Ajitide® (guanilato dissódico) e Ajitide IMP® (inosinato dissódico), azeite de oliva, alho

e cebola, você também não deve participar se for gestante. A pesquisa não traz benefício direto a quem dela participa, sendo o único intuito contribuir para a realização da pesquisa.

Benefícios:

Não haverá benefícios diretos aos participantes deste estudo. Porém os participantes, poderão saber de todos os benefícios que a pesquisa trará. Os resultados da pesquisa serão possivelmente publicados em revistas da área e o trabalho será mandado para congressos da área em todo o mundo, e poderá ajudar nas metas de redução da ingestão de sódio propostas pelos países no mundo.

Acompanhamento e assistência:

Na ocorrência de qualquer acidente ou imprevisto durante a realização dos testes, o participante deve avisar de imediato ao pesquisador que está conduzindo o teste. Medidas de emergência como acionamento do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu/192) pelo pesquisador, serão tomadas sempre que a saúde do participante for comprometida, como por exemplo, na ocorrência de um processo alérgico-alimentar.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento:

Não haverá nenhum ressarcimento ou remuneração financeira pela participação na pesquisa.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre o estudo, você poderá entrar em contato com Elson Rogerio Tavares Filho, a qual poderá contatar /consultar a qualquer momento que julgar necessário através do endereço de e-mail elsimtavares@yahoo.com.br ou através do telefone (19) 3521-4084. Fui informado (a), ainda que a pesquisa é orientada pela Profa. Dr. Helena Maria André Bolini, a quem poderei contatar / consultar a qualquer momento que julgar necessário, através do endereço de e-mail: hellini@fea.unicamp.br.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação no estudo, você pode entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936; fax (19) 3521-7187; e-mail: cep@fcm.unicamp.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter sido esclarecimento sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar:

Nome do(a) participante: _____

_____ Data: ____/____/____.

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do responsável)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma cópia deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

_____ Data: ____/____/____.

(Assinatura do pesquisador)

APÊNDICE

COMPROVANTES DE SUBMISSÃO DOS ARTIGOS

From: jfs@ift.org
To: elsontavares@live.com
CC: elsontavares@live.com, erick.almeida@hotmail.com, juniorfex@gmail.com, alessandra_cazelatto@hotmail.com, hellini@fea.unicamp.br, abhelenamaria@gmail.com
Subject: Journal of Food Science - Manuscript JFDS-2019-0085
Body: 16-Jan-2019

Dear Dr Tavares Filho,

Your manuscript, "Dynamic aspects of salt reduction in tomato sauce by use of flavor enhancers and bitter blocker" has been successfully submitted to Journal of Food Science: Sensory and Food Quality section through ScholarOne Manuscripts.

IMPORTANT NOTICE

BY SUBMITTING THIS MANUSCRIPT, YOU WARRANT THAT:

- This article is an original work, has not been published before and is not being considered for publication elsewhere;
- You have obtained permission from the copyright holder to reproduce in the article any material not owned by you, and that you have acknowledged the source(s);
- Your article contains no violation of any existing copyright or other 3rd party right or any material of an obscene, indecent, libelous, or otherwise unlawful nature and that to the best of your knowledge, the article does not infringe the rights of others;
- In the case of a multi-authored article, you have obtained authorization to make these warranties on behalf of all co-authors, and that they have read and agreed to the terms of IFT's Copyright Assignment Form.

IF YOU CANNOT WARRANT THE ABOVE OR HAVE QUESTIONS ABOUT IFT'S PUBLICATIONS ETHICS POLICY, PLEASE CONTACT US AT JFS@IFT.ORG

The submitting author will receive future communications via e-mail. All authors will be sent the decision letter.

Your manuscript number is JFDS-2019-0085. Please note this number and include it in future communications, and when labelling all electronic files involved with this paper.

The submitting author can track your manuscript by logging on to ScholarOne Manuscripts (<https://mc.manuscriptcentral.com/jfs>), where the status will be displayed in the submitting author's Author Center.

Thank you for your interest in IFT's Scientific Journals.

Sincerely,

IFT Journals Editorial Office
Institute of Food Technologists®
525 W. Van Buren Street, Suite 1000
Chicago, IL 60607-3830 USA
+1.312.806.8088 Mobile
jfs@ift.org

From: jfs@ift.org
To: elsontavares@live.com
CC: elsontavares@live.com, erick.almeida@hotmail.com, juniorfex@gmail.com, dudusoares1@hotmail.com, renato@neurovascular.net.br, hellini@unicamp.br
Subject: Journal of Food Science - Manuscript JFDS-2019-0066
Body: 14-Jan-2019

Dear Dr Tavares Filho,

Your manuscript, "Electroencephalography and hedonic scale to evaluate salt reduction efficacy in tomato sauce." has been successfully submitted to Journal of Food Science: Sensory and Food Quality section through ScholarOne Manuscripts.

IMPORTANT NOTICE

BY SUBMITTING THIS MANUSCRIPT, YOU WARRANT THAT:

- This article is an original work, has not been published before and is not being considered for publication elsewhere;
- You have obtained permission from the copyright holder to reproduce in the article any material not owned by you, and that you have acknowledged the source(s);
- Your article contains no violation of any existing copyright or other 3rd party right or any material of an obscene, indecent, libelous, or otherwise unlawful nature and that to the best of your knowledge, the article does not infringe the rights of others;
- In the case of a multi-authored article, you have obtained authorization to make these warranties on behalf of all co-authors, and that they have read and agreed to the terms of IFT's Copyright Assignment Form.

IF YOU CANNOT WARRANT THE ABOVE OR HAVE QUESTIONS ABOUT IFT'S PUBLICATIONS ETHICS POLICY, PLEASE CONTACT US AT JFS@IFT.ORG

The submitting author will receive future communications via e-mail. All authors will be sent the decision letter.

Your manuscript number is JFDS-2019-0066. Please note this number and include it in future communications, and when labelling all electronic files involved with this paper.

The submitting author can track your manuscript by logging on to ScholarOne Manuscripts (<https://mc.manuscriptcentral.com/jfs>), where the status will be displayed in the submitting author's Author Center.

Thank you for your interest in IFT's Scientific Journals.

Sincerely,

IFT Journals Editorial Office
Institute of Food Technologists®
525 W. Van Buren Street, Suite 1000
Chicago, IL 60607-3830 USA
+1.312.806.8088 Mobile
jfs@ift.org

Preview (FSTI-18-0933)

From: fsti@sagepub.com

To: elsontavares@live.com, elsimtavares@yahoo.com.br, erick.almeida@hotmail.com, alessandra_cazelatto@hotmail.com, wanesa_piressd@yahoo.com.br, hellini@fea.unicamp.br

CC:

Subject: Food Science and Technology International - Manuscript ID FSTI-18-0933

Body: 20-Dec-2018

Dear Mr. Tavares Filho:

Your manuscript entitled "The impact of sodium reduction and flavor enhancers addition on the classical and consumer-based sensory profiling of tomato sauce." has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in Food Science and Technology International.

Your manuscript ID is FSTI-18-0933.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc.manuscriptcentral.com/fsti> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/fsti>.

As part of our commitment to ensuring an ethical, transparent and fair peer review process SAGE is a supporting member of ORCID, the Open Researcher and Contributor ID (<https://orcid.org/>). We encourage all authors and co-authors to use ORCID iDs during the peer review process. If you already have an ORCID iD you can link this to your account in ScholarOne just by logging in and editing your account information. If you do not already have an ORCID iD you may login to your ScholarOne account to create your unique identifier and automatically add it to your profile.

Thank you for submitting your manuscript to Food Science and Technology International.

As soon as we get the reviewers' reports we will contact you.

Best wishes,
R. Melero
Editor
Food Science and Technology International
IATA, CSIC
Avda Agustín Escardino 746980 Paterna (Valencia), Spain
TEL +34 96 390 00 22. Fax 96 363 63 01
E-mail rmelero@iata.csic.es
<http://www.iata.csic.es/~bibrem/FSTI.html>

Date Sent: 20-Dec-2018

APÊNDICE

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

— DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento e caracterização sensorial de molho de tomate com teor de sódio reduzido.
Pesquisador Responsável: Elson Rogério Tavares Filho
Área Temática:
Versão: 4
CAAE: 49137615.3.0000.5404
Submetido em: 23/06/2017
Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia de Alimentos
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_908949

— DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO DE MOLHO DE TOMATE TEOR DE SÓDIO REDUZIDO.
Pesquisador Responsável: Elson Rogério Tavares Filho
Área Temática:
Versão: 1
CAAE: 80067817.6.0000.5142
Submetido em: 18/11/2017
Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1036551