

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOEXPERIMENTAÇÃO**

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E VALIDAÇÃO DE
METODOLOGIA DE ANÁLISE DE SÓDIO EM PÃO DE FORMA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Valeria Hartmann

Passo Fundo, RS, Brasil

2014

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA DE
ANÁLISE DE SÓDIO EM PÃO DE FORMA**

Valeria Hartmann

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação, Área de Concentração em Bioexperimentação, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF) como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestra em Bioexperimentação**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski

**Passo Fundo, RS, Brasil
2014**

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOEXPERIMENTAÇÃO

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA DE
ANÁLISE DE SÓDIO EM PÃO DE FORMA

Elaborada por
Valéria Hartmann

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestra em Bioexperimentação


Comissão Examinadora



Luiz Carlos Gutkoski, Dr., UPF
(Orientador/Presidente)



Marcelo Hemkenmeier, Dr., UPF



Vera Maria Klajn, Dra., IF. Farroupilha

Passo Fundo, RS, Brasil
2014

CIP – Catalogação na Publicação

H333e Hartmann, Valéria

Efeito da substituição parcial e validação de metodologia de análise de sódio em pão de forma / Valéria Hartmann. – 2014.
83 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski.
Dissertação (Mestrado em Bioexperimentação) –
Universidade de Passo Fundo, 2014.

1. Cloreto de sódio. 2. Panificação. 3. Alimentos – Teor de sódio. I. Gutkoski, Luiz Carlos, 1962-, orientador. II. Título.

CDU: 613.2

Catálogo: Bibliotecária Angela Saadi Machado - CRB 10/1857

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de conhecer e poder conviver com pessoas admiráveis.

Ao Prof. Dr Luiz Carlos Gutkoski, pela orientação, incentivo e amizade. Agradeço pela oportunidade, confiança, por acreditar na possibilidade da realização do meu sonho.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, pelo apoio financeiro.

A Diretora do ICB, Prof.^a Jurema, e colegas do Curso de Nutrição, Nair, Ana Luísa, Graziela pelo apoio e companheirismo em todos os momentos.

Aos colaboradores e bolsistas do Laboratório de Cereais e Panificação: Tania, Josemeri, Thais, Gabriela, Josiane e Stéfani pelo apoio e auxílio na elaboração dos pães, nas análises realizadas e em todos os momentos.

A acadêmica de Nutrição Cintia, pela ajuda em todos os momentos das análises realizadas

A Prof.^a Maria Teresa pelo auxílio e orientação com as análises químicas.

A Prof.^a Luciane e os colaboradores e estagiários do laboratório de Análise Sensorial pelo auxílio na avaliação sensorial realizada.

Aos acadêmicos e colaboradores pela disponibilidade na realização da avaliação sensorial

Aos colaboradores Clarice e João pela ajuda em todos os momentos, com materiais e vidrarias.

Aos colaboradores do laboratório físico-química, em especial a Catiesca e o Renato pelo auxílio nos processos da digestão das amostras.

Ao Prof. Dr. Pedro e ao Rafael, do Laboratório de Solos pelo apoio nas análises.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho, com afeto, carinho e força, torcendo para que tudo desse certo.

Muito obrigada a todos!

Valeria

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus filhos, Alyne e Vítor Arthur, amores da minha vida, e meu marido, Luiz. Obrigada pelo apoio, paciência e por entenderem minha ausência.

EPÍGRAFE

Quando sua mente é ampliada por uma ideia nova, ela nunca retornará o seu tamanho original!

Oliver Wendell Holmes

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	18
3. CAPÍTULO 1. Elaboração de pão de forma com substituição parcial de cloreto de sódio	23
Resumo.....	24
Abstract.....	24
Introdução.....	26
Métodos.....	27
Resultados e Discussão.....	30
Conclusão.....	33
Referências.....	34
4. CAPÍTULO 2. Substituição parcial de cloreto de sódio em pão de forma, sensorial e estabilidade ao armazenamento.....	41
Resumo.....	42
Abstract.....	43
Introdução.....	44
Materiais e métodos.....	45
Resultados e discussão.....	49
Conclusões.....	56
Referências.....	57
5. CAPÍTULO 3. Validação de metodologia para análise de sódio e potássio em pão de forma	60
Resumo.....	61
Abstract.....	62
Introdução.....	63
Material e métodos.....	65
Resultados e discussão.....	70
Conclusões.....	76
Referências.....	77
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
7. REFERÊNCIAS.....	80
ANEXO 1.....	83

LISTA DE FIGURAS

4. CAPÍTULO 2

- FIGURA 1. Intenção de compra positiva (certamente eu compraria e provavelmente eu compraria) e negativa (provavelmente eu não compraria e certamente eu não compraria) para as formulações elaboradas..... 56

5. CAPÍTULO 3

- FIGURA 1. Curva de calibração para determinação da faixa linear de trabalho e equação para determinação do teor de sódio em pão de forma..... 71
- FIGURA 2. Curva de calibração para determinação da faixa linear de trabalho e equação para determinação do teor de potássio em pão de forma..... 71

LISTA DE TABELAS

3. CAPÍTULO 1

TABELA 1.	Formulações de pão de forma com diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl) e Low Salt (LS). Passo Fundo, RS – 2013....	37
TABELA 2.	Caracterização da farinha de trigo. Passo Fundo, RS – 2013.....	38
TABELA 3.	Escores de pontos do pão de forma elaborado. Passo Fundo, RS – 2013.....	39
TABELA 4.	Parâmetros de firmeza, cor do miolo e da crosta de pão de forma elaborado. Passo Fundo, RS – 2014.....	40

4. CAPÍTULO 2

TABELA 1.	Ingredientes utilizados nas formulações de pão de forma expressos em percentuais com base na farinha de trigo, pelo emprego de 2% de cloreto de sódio (NaCl) e substituição parcial com cloreto de potássio (KCl), especiarias (AEC) e Low Salt (LS).....	46
TABELA 2.	Escore de pontos dos pães de forma elaborados com modificações na concentração de NaCl.....	50
TABELA 3.	Parâmetros de cor do miolo e cor da crosta dos pães de forma elaborados com modificações na concentração de NaCl.....	51
TABELA 4.	Avaliação da vida de prateleira dos pães de forma elaborados com modificações na concentração de NaCl.....	52
TABELA 5.	Características dos avaliadores participantes da avaliação sensorial.....	54
TABELA 6.	Avaliação sensorial com 41 provadores não treinados para os pães de forma elaborados com concentração padrão de NaCl e substitutos.....	55

5. CAPÍTULO 3

TABELA 1.	Ingredientes utilizados nas formulações de pão de forma expressos em percentuais com base na farinha de trigo, utilizando o padrão com 2% de cloreto de sódio (NaCl) e as substituições com Low Salt (LS).....	66
TABELA 2.	Ingredientes utilizados nas formulações de pão de forma expressos em percentuais com base na farinha de trigo, utilizando o padrão com 2% de cloreto de sódio (NaCl) e as substituições, com cloreto de potássio, (KCl), especiarias (AEC) e Low Salt (LS).....	67
TABELA 3.	Teor de Potássio nas amostras de farinha de trigo (BC 382).....	72
TABELA 4.	Valores de precisão, precisão intermediária, limite de detecção e limite de quantificação de sódio e potássio em pão de forma.....	73
TABELA 5.	Teores de sódio e potássio (expressos em mg 100 g ⁻¹) em pão de forma com diferentes combinações de cloreto de sódio (NaCl) e Low Salt (LS).....	74
TABELA 6.	Teores de sódio e potássio (expressos em mg 100 g ⁻¹) em pão de	

forma com diferentes combinações de NaCl, KCl, LS e especiarias (AEC).....	75
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIA	Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação
ABIMA	Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias
ABIP	Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria
ABITRIGO	Associação Brasileira da Indústria de trigo
AEC	Aromáticos, condimentares e especiarias
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AVC	Acidente vascular cerebral
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CEPA	Centro de Pesquisa em alimentação
CGPAN	Coordenação Geral das Políticas de Alimentação e Nutrição
CV	Coeficiente de variação
EAA	Espectrometria de absorção atômica
ERM	European Reference Materials
EST	Estabilidade
FAAS	Espectrometria de absorção atômica em chama
FAMV	Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
FES	Fotômetro de Emissão em Chama
g	Gramas
HAS	Hipertensão arterial sistêmica
ICP	Espectrofotometria de emissão em plasma acoplado indutivamente
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ITM	Índice de tolerância a mistura
K	Potássio
KCl	Cloreto de potássio
L	Extensibilidade
L*	Luminosidade
LD	Limite de detecção
LQ	Limite de quantificação
LS	Low Salt
mg	Miligramas
MRC	Material de referência certificado
MS	Ministério da Saúde
Na	Sódio
NaCl	Cloreto de sódio
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
P	Tenacidade
P/L	Relação elasticidade e extensibilidade
PA	Pressão arterial
POF	Pesquisa de Orçamento Familiar
RSD	Estimativa do desvio padrão relativo
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
UL	Ingestão tolerável
UPF	Universidade de Passo Fundo
W	Força geral do glúten

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação
Universidade de Passo Fundo

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DE SÓDIO EM PÃO DE FORMA

Autora: Valeria Hartmann

Orientador: Luiz Carlos Gutkoski

Passo Fundo, 27 de Agosto de 2014

Os cereais e seus derivados, incluindo os pães fornecem cerca de 40% da quantidade média de sódio individual ingerida por dia. O objetivo deste trabalho foi desenvolver pão de forma com redução de sódio através da utilização de substitutos e avaliar as características químicas, tecnológicas, sensoriais e composição química de sódio e potássio. Para a determinação dos minerais foi necessário validar metodologia de análise. O trabalho foi realizado nos laboratórios de Cereais, Panificação, Análise Sensorial e Físico-Química do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA) e Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, utilizando três substitutos do NaCl, de forma isolado e combinado, resultando em 9 tratamentos. Os tratamentos foram realizados com duas repetições e os ensaios em triplicata. A farinha de trigo foi caracterizada quanto a parâmetros físicos, químicos e reológicos e utilizada na elaboração de pão de forma em escala laboratorial. No pão de forma foi avaliado firmeza, volume específico, estabilidade ao armazenamento, características sensoriais, teor de sódio e potássio. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UPF por envolver avaliação sensorial. A significância dos dados foi testada pela análise de variância (Anova) a 0,05 de probabilidade de erro e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 95% de intervalo de confiança. A farinha de trigo é própria para elaboração de pão de forma com teor de proteínas de 9,25%, força de glúten de 243 10^{-4} J, estabilidade farinográfica de 13,5. O pão de forma elaborado com o substituto 0,5% de LS e 1,0% de NaCl apresentou melhor escore de pontos sem diferir significativamente do padrão, elaborado com 2,0% de NaCl, sendo classificados como excelentes (95,1 e 96 pontos, respectivamente). Para firmeza os pães padrão e com LS apresentaram menores valores, indicando melhor maciez. No teste de aceitação sensorial o pão com LS obteve pontuação similar ao padrão, não sendo verificada diferença significativa ($p < 0,05$) quanto aos quesitos cor, sabor, textura, impressão global e intenção de compra. O pão com AEC apresentou os menores resultados em todas as avaliações. Os teores de sódio nos pães de forma variaram entre 725 (padrão) e 366 (AEC), e para o potássio de 674 (KCl) e 150 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (padrão), sendo estes proporcionais ao teor de NaCl e KCl adicionados nas formulações. O substituto LS apresentou características similares ao padrão, nas propriedades físicas, tecnológicas e sensoriais dos pães, com teor de 451 $\text{mg } \text{g}^{-1}$ de sódio e 229 $\text{mg } \text{g}^{-1}$ de potássio, obtendo-se neste estudo redução de 38% de sódio e aumento de 15% de potássio. O pão de forma pode ser desenvolvido com reduzido teor de NaCl, e o substituto LS empregado pela indústria de panificação visando atender aos requisitos legais de sódio. O método empregado para a validação da metodologia com digestão em base úmida com utilização de ácido nítrico e peróxido de hidrogênio e leitura em fotômetro de emissão em chama apresenta baixo custo, simplicidade, resultados precisos em tempo reduzido. Desta forma o método validado pode ser indicado para determinação em pão de forma pelos órgãos reguladores para avaliar as indicações legais de sódio.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, escore de pontos, composição química, cloreto de sódio, cloreto de potássio, fotômetro de emissão em chama.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação
Universidade de Passo Fundo

EFFECT OF PARTIAL REPLACEMENT AND VALIDATION OF METHODOLOGY
ANALYSIS OF SODIUM IN PAN BREAD

Authoress: Valeria Hartmann
Advisor: Luiz Carlos Gutkoski
Passo Fundo, 27 de Agosto de 2014

The cereals and their derivatives, including breads provide about 40% of the average quantity of sodium ingested individual per day. The aim of this study was to develop pan bread with sodium reduction through the use of substitutes and evaluate chemical, technological, sensory and chemical composition of sodium and potassium characteristics. For the determination of the mineral was necessary to validate analysis methodology. The work was performed in Cereal, Bakery, Sensory Analysis and Physico-Chemical Research Center in Food (CEPA) and the Laboratory of Soil Science of the School of Agronomy and Veterinary Medicine (FAMV), University of Passo Fundo (UPF) laboratories. The experiment was conducted in a completely randomized design using three substitutes of the NaCl in order isolated and combined, resulting in 9 treatments. The experiments were conducted with two replications and tested in triplicate. Wheat flour was characterized as physical, chemical and rheological parameters and used in the preparation of bread loaf on a laboratory scale. In pan bread firmness were evaluated, specific volume, storage stability, sensory characteristics sodium and potassium. The project was approved by the Research Ethics Committee (REC) of the UPF to involve sensory evaluation. The significance of the data was tested by analysis of variance (ANOVA) at 0.05 level of probability and the significant models, the averages were compared by Tukey test at 95% confidence interval. Wheat flour is appropriate for the preparation of form bread with a protein content of 9.25%, gluten strength of 243 10-4J, far stability 13.5. The pan bread made with the replacement of 0.5% LS and 1.0% NaCl showed the best point score being significantly different from the standard, prepared with 2.0% NaCl and were classified as excellent (95.1 and 96 points, respectively). To firmly standard breads and LS showed lower values indicating better smoothness. In the sensory acceptance test bread with LS obtained similar to the pattern score, not being significant difference ($p < 0.05$) in the inquiries color, flavor, texture, overall impression and purchase intent. Bread with AEC showed the lowest results in all assessments. The sodium in pan bread ranged from 725 (default) and 366 (AEC), and potassium of 674 (KCl) and 150 mg 100 g⁻¹ (default), which are proportional to the content of NaCl and KCl added in the formulations. The LS replacement showed similar features to the standard, physical, technological and sensory properties of the bread with a content of 451 mg g⁻¹ sodium and 229 mg⁻¹ of potassium, obtaining in this study reduction of 38% sodium increase of 15% potassium. The pan bread can be developed with reduced NaCl content, and the LS substitute employee by the baking industry to meet legal requirements of sodium. The method used to validate the methodology with wet digestion using nitric acid and hydrogen peroxide and reading emission flame photometer features a simple, cheap, accurate result in less time basis. Thus, the validated method may be suitable for determination in pan bread by regulators to evaluate sodium legal indications

Key words: *Triticum aestivum*, score points, chemical composition, sodium chloride, potassium chloride, emission flame photometer.

1. INTRODUÇÃO

O sódio é o cátion mais abundante no fluido extracelular do corpo humano, sendo um importante regulador do seu volume. As funções do sódio são a manutenção da pressão osmótica no sangue, fluídos intercelulares, manutenção do equilíbrio ácido básico, distribuição de água e volume sanguíneo (1), estando a ingestão excessiva relacionada com a elevação da pressão arterial. A necessidade nutricional de sódio para seres humanos adultos é de 500 mg por dia sendo estimado no Brasil um consumo diário de sódio de 4800 mg, equivalente a 12 g de sal. O consumo recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) é de 5 g de sal por dia, correspondente a 2000 mg de sódio (2,3).

Os cereais e seus derivados, incluindo os pães fornecem cerca de 40% da quantidade média de sódio individual ingerida por dia. Em se tratando de crianças, que possuem valores recomendados menores de sódio, este pode ser ainda maior (4). De acordo com os resultados da POF 2002-2003, considerando a participação das categorias de alimentos, o pão contribuiu com 25,2% do consumo de sódio (3).

O pão é um alimento básico produzido e consumido na maioria dos países. É considerado um dos alimentos processados mais antigos, tendo sua provável origem no Oriente Médio. Os processos que envolvem a produção de pães têm por finalidade transformar a farinha de trigo em alimento, através de etapas que envolvem a mistura de água com farinha de trigo, junto com levedura, sal e outros ingredientes em proporções adequadas, modelagem, fermentação e cozimento (5). O sal é o cloreto de sódio (NaCl), sendo responsável pelo desenvolvimento da massa, fortalecimento da rede de glúten, formação da crosta crocante, sabor e conservação do pão. A sua ausência prejudica características sensoriais do pão, porém o excesso inibe o desenvolvimento das leveduras, prejudicando a fermentação e contribuindo para uma maior ingestão de sódio na alimentação (6).

O Ministério da Saúde (MS) em 2011, assinou termo de compromisso com a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA), a Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias (ABIMA), a Associação Brasileira da Indústria de trigo (ABITRIGO) e a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP), estabelecendo metas nacionais para redução do teor de sódio em alimentos, como macarrão instantâneo, pão de forma, bisnagas e outros produtos processados incluindo o pão francês, bolos, salgadinhos, batatas, maionese e biscoitos (7).

Os teores máximos de sódio em pão de forma industrializado no Brasil em 2010 foram de 796 mg por 100 g do produto. As recomendações do MS para redução de sódio em pão de

forma para 2012 estabeleceram teor máximo de 645 mg e até 2014 para 522 mg por 100 g do produto. As metas correspondem a uma redução de 10% ao ano. No levantamento realizado pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) em 2013, 93% das amostras analisadas para pão de forma apresentaram teores inferiores a 645 mg por 100 g (8). A redução de sódio consiste na utilização de alternativas como a substituição parcial do sal por sais de potássio que neutralizam os efeitos do sódio. Esta substituição deve ser feita com a adoção de critérios para manter a qualidade sensorial do produto (9).

Para atender aos requisitos da legislação, o monitoramento dos alimentos, por parte das autoridades, em relação a quantidade de sódio em sua composição é fundamental. Desta forma a utilização de métodos de análise requer um estudo adequado. A fotometria de emissão de chama (FES) tem sido utilizada para análise de sódio, com dissolução da amostra em base úmida ou seca, apresentando-se como uma boa alternativa para determinação de sódio em pão, por fornecer resultados precisos em um curto espaço de tempo (10,11,12). Para a garantia de que um novo método de análise possa gerar informações confiáveis e interpretáveis sobre seus resultados, ele deve passar pela validação (13).

O uso da FES está condicionada a um preparo prévio de amostras, conhecido como processo de mineralização. Nesse processo as amostras sólidas sofrem um ataque de ácidos (nitríco, clorídrico ou sulfúrico), e em alguns casos, pode ser utilizado o peróxido de hidrogênio. As amostras sólidas, na presença de ácidos, são aquecidas e inicia-se uma decomposição da matéria orgânica com liberação dos metais para o meio líquido (14).

O estudo de substitutos de utilização em alimentos que proporcionem a redução gradual do sódio em produtos é necessário. O pão de forma é um alimento de consumo diário que contribui com o consumo excessivo deste mineral, desta forma, estratégias para o desenvolvimento de um produto com reduzido teor de sódio e/ou substituição parcial, são necessárias, bem como a validação de metodologias de análise para atender necessidades de monitoramento deste mineral em produtos de panificação. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi desenvolver pão de forma com redução de sódio através da utilização de substitutos e avaliar as características químicas, tecnológicas, sensoriais e composição química de sódio e potássio. Para a determinação dos minerais foi necessário validar metodologia de análise.

A presente dissertação compreende, além desta introdução, uma breve revisão da literatura sobre o assunto, além destes mais 3 capítulos em forma de artigo científico. No Capítulo 1 **“Elaboração de pão de forma com substituição parcial de cloreto de sódio”** foi realizada a caracterização da farinha de trigo e estudada a utilização de um substituto comercial para o NaCl, o Low Salt (LS), para verificar a concentração mais adequada deste,

utilizado como substituto parcial para redução do sódio em pão de forma, e foi submetido no periódico Revista de Nutrição. No Capítulo 2 “**Substituição parcial de cloreto de sódio em pão de forma, avaliação sensorial e estabilidade ao armazenamento**” foram utilizados três substitutos ao NaCl, sendo estes o LS na melhor concentração do primeiro estudo com 0,5%, o cloreto de potássio (KCl) com 1% e aromáticos, especiarias e condimentares (AEC), com 1,0%, combinados com 1,0% de NaCl, além da formulação padrão com 2,0% de NaCl, totalizando quatro tratamentos. No Capítulo 3 “**Validação de metodologia para análise de sódio e potássio em pão de forma**” foi realizado estudo com a utilização de metodologia para digestão ácida da amostra e leitura em Fotômetro de Emissão em Chama, validado a metodologia proposta e realizado a quantificação de sódio e potássio nos pães de forma elaborados nos estudos anteriores.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O sódio é o cátion mais abundante no fluido extracelular, sendo um importante regulador de seu volume. Entre suas funções pode-se destacar a manutenção da pressão osmótica no sangue, plasma e fluídos intercelulares. A manutenção do equilíbrio ácido básico e a distribuição de água e volume sanguíneo (1,15).

A maioria das pessoas, incluindo adultos e crianças, consome mais sódio do que o aconselhado, estando estas em risco para aquisição ou agravamento de diversas patologias. Os dados da POF (2008-2009) indicam que para a faixa etária de 19 a 59 anos, a proporção de indivíduos com ingestão de sódio acima da UL de 2.300 mg permaneceu elevada em ambos os sexos, acima de 85% e de 70% nas áreas urbanas e acima de 85% e de 65% nas áreas rurais entre homens e mulheres, respectivamente (7). A ingestão excessiva de sódio é responsável pelo desenvolvimento de doenças, dentre estas as crônicas não transmissíveis como as cardiovasculares, renais e a hipertensão. Estas são responsáveis por 63% das mortes no mundo e 72% no Brasil (8). A relação entre a ingestão de sódio e a elevação da pressão arterial (PA) é heterogênea, sendo este fenômeno conhecido como sensibilidade ao sal. A elevada sensibilidade a ingestão de sal em indivíduos normotensos, tem sido correlacionada com uma incidência maior de hipertensão arterial sistêmica (HAS) do que em indivíduos de baixa sensibilidade. A população brasileira tem um consumo excessivo de sal. Apesar das diferenças individuais de sensibilidade, reduções de sal, mesmo modestas, são em geral eficientes na redução da PA (2).

O sal para consumo humano é o cloreto de sódio (NaCl) cristalizado extraído de fontes naturais, adicionado obrigatoriamente de iodo (16). O NaCl é um dos ingredientes mais utilizados na indústria alimentar devido ao seu baixo custo e propriedades variadas. Tem efeito conservante e antimicrobiano devido a capacidade do mineral em reduzir a atividade da água. Além disso, é um intensificador de sabor, em consequência do seu efeito sobre diferentes mecanismos bioquímicos. Também tem capacidade de reduzir ou aumentar a atividade de enzimas que são responsáveis pelo desenvolvimento de diferentes parâmetros organolépticos (17).

O NaCl é utilizado como tempero e conservante de alimentos. A adição de NaCl pode ocorrer nas refeições, contudo, a maior parte pode ser encontrada nos alimentos processados, sendo este correspondente aos valores entre 60 e 70% na alimentação diária de um adulto (18). As quantidades de sódio em muitos produtos excedem os requisitos tecnológicos, sendo muitas vezes utilizado para melhorar efeitos sensoriais relacionados ao sabor dos alimentos

(19). O sódio é um componente importante da alimentação, sendo que a principal fonte tem origem no sal, cloreto de sódio (NaCl), que fornece aproximadamente 90% do sódio diário consumido pela população. Cada grama de NaCl fornece 400 mg de sódio. (1,20).

O crescimento do setor de panificação foi de 11,6% em 2012, tendo participação de 36% do faturamento do setor de *food service*. O consumo *per capita* de pães em 2012 foi de 34,09 kg no Brasil, equivalente a 93 g por dia. Para o Chile o valor *per capita* ficou em 98 kg, na Argentina foi de 82,5 kg, no Uruguai 55 kg, no Peru de 32 kg, Colômbia 24 kg, Venezuela 26 kg e no Paraguai 23 kg (21).

O trigo tem sido uma das principais fontes de alimento durante milhares de anos, sendo o principal ingrediente utilizado na elaboração de pães (5). É uma gramínea do gênero *Triticum*, que contém em torno de 30 espécies geneticamente diferenciadas. Destes, o *aestivum* é responsável por mais de quatro quintos da produção mundial, por ser adequado à panificação (22). A participação da farinha de trigo em produtos de panificação em 2011 foi de 4.707 mil toneladas (23). Na elaboração do pão, a farinha de trigo tem a função de fornecer as proteínas formadoras do glúten, além de outras proteínas. O glúten dá elasticidade e consistência à massa, retém o gás carbônico (CO₂) oriundo da fermentação e faz com que haja um aumento do volume do pão (6). Do ponto de vista funcional, as proteínas do trigo são classificadas em dois grupos: as proteínas que não fazem parte do glúten e as proteínas do glúten que possuem papel importante na panificação. As proteínas do glúten estão entre 80 a 85% do total das proteínas do trigo e são encontradas no endosperma do trigo maduro e são, em grande parte, insolúveis em água ou em soluções salinas diluídas (24).

A qualidade da farinha de trigo é determinada por uma série de características dependendo do uso ou do tipo de produto a ser elaborado. Estas características podem ser classificadas em físicas, químicas, enzimáticas e funcionais. A avaliação reológica da farinha, na qual são determinadas as propriedades viscoelásticas da massa, é de importância vital para a indústria de panificação, permitindo determinar o seu uso final (25).

O teste de número de queda tem por finalidade verificar a atividade da enzima alfa amilase do grão, com o objetivo de detectar danos causados pela germinação na espiga (26). A alveografia é um teste reológico usado em vários países para a determinação de características qualitativas da farinha através dos parâmetros força geral do glúten (W), relação elasticidade e extensibilidade (P/L) e índice de elasticidade (IE) (27).

O farinógrafo e o extensógrafo podem ser usados como instrumentos de controle de processo. A farinografia é um dos mais complexos e sensíveis testes de avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo, simulando o processo de mistura, medindo e registrando a

resistência da massa durante os sucessivos estágios de seu desenvolvimento (28). Segundo Carvalho Junior (29), a qualidade física da farinha pode também ser determinada pelo teor de glúten, a porção insolúvel das proteínas, através da utilização do equipamento Glutomatic. Este método determina o valor do glúten úmido, glúten seco e índice de glúten, valor que se relaciona com a qualidade de panificação.

Na panificação a meta é alcançar uma consistência normal da massa para sua posterior divisão em unidades, o que se consegue com a adição precisa da quantidade de água durante o processo de mistura e amassamento, de acordo com a capacidade de absorção de água da farinha. Os métodos para avaliar a qualidade do pão envolvem três categorias: qualidade interna, qualidade externa e a qualidade associada a textura e palatibilidade, nestes incluídos os quesitos de sabor e aroma (5). As análises podem ser físico-químicas específicas, microbiológicas e sensoriais, e na avaliação das características externas as dimensões, volume específico, cor de crosta, quebra e simetria; e internas do produto envolvem a espessura de crosta, cor do miolo, tamanho, número de alvéolos e textura do miolo, além de aroma e sabor (30).

Os maiores problemas relacionados a qualidade do pão se referem aos atributos relacionados ao sabor, aroma e palatibilidade, devido as preferencias individuais distintas dos consumidores. Defeitos na qualidade da farinha ou no tempo de fermentação levarão a anormalidades no produto, tanto na massa quanto no pão assado. Um tempo insuficiente de fermentação se manifestará em um glúten duro e de aspecto gomoso, de difícil modelagem, resultando em produto de baixo volume, com estrutura alveolar densa e miga firme (5).

Os cereais e seus derivados, incluindo os pães são considerados fontes de sódio na alimentação, fornecendo cerca de 40% da quantidade média individual ingerida por dia. Em se tratando de crianças, que possuem valores recomendados menores de sódio, este pode ser ainda maior (4). De acordo com os resultados da POF 2002-2003, considerando a participação das categorias de alimentos, excluídos os temperos e caldos à base de sal, na ingestão diária de sódio da população brasileira, o pão contribuiu com 25,2% do consumo de sódio (3).

O Brasil se apoia em experiências internacionais bem sucedidas para redução de sódio. No Reino Unido os resultados da avaliação da redução de sódio em 2008 demonstraram redução de sódio em pães de forma industrializados em mais de 30%. No Canadá, o processo de redução de sódio iniciou em 2009, sendo estabelecidas metas para o consumo *per capita* diário de 2.300 mg até 2016. No Brasil foi definido um compromisso entre o Ministério da Saúde (MS) e a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA) em 2010, de redução voluntária dos teores de sódio em alimentos processados, com o objetivo de redução

do consumo *per capita* para teores abaixo de 5 g de sal, o equivalente a 2000 mg de sódio até 2020 (3). A partir da redução de sódio nos alimentos, o MS espera diminuir em 15% as mortes por acidente vascular cerebral (AVC) e em 10% as ocorrências por infarto em todo o País. A meta a partir dos resultados do acordo de cooperação entre MS e ABIA, é a redução em 25% da mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis até 2022 (8).

Os estudos realizados sobre a redução no consumo de sal no Japão indicam que esta redução está associada a redução da pressão arterial e redução de doenças cardiovasculares. Uma estratégia de base populacional para a prevenção da hipertensão inclui uma dieta com consumo reduzido de sal, que pode ser atingida através da educação em saúde pública, redução da adição de sal em alimentos processados, redução de sal na alimentação escolar e em restaurantes (31).

A redução do teor de sal no pão pode ser uma forma eficaz de reduzir o consumo de sódio total. Em estudo realizado com estudantes, em café da manhã, foi realizado uma redução gradual de sal no pão de 52% em 4 semanas. Observou-se que no grupo que consumiu pão com teor reduzido de sal, com base na redução de 52%, o consumo total de sódio foi reduzido em 21%. O ajuste observado no estudo pode explicar em parte por que o sal pode ser reduzido no pão enquanto que o seu consumo não diminuiu. Alguns estudos sugerem que o nível preferencial de sal em alimentos depende do nível de sal consumido e que este nível preferido, possivelmente pode ser reduzido através da diminuição da ingestão de sal habitual (32).

A elaboração de pão sem sal traz consequências relacionadas a aceitação do produto. Na avaliação sensorial de pão francês caseiro sem sal obteve-se um produto com características semelhantes ao pão francês padrão, sendo que o único quesito com grau de aceitação menor foi o sabor (33). Um estudo realizado com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês, não demonstrou dificuldade tecnológica. Na avaliação sensorial, a utilização de 0,6% de cloreto de potássio com 1,4% de cloreto de sódio não diferiu do padrão, sendo viável a redução de 24% de sódio em pão, obtendo-se uma média de 468 mg de sódio por 100 g de pão, desta forma viável a redução do mineral em panificação (34).

Alternativas para redução de sódio, em indústrias de alimentos incluem a substituição do cloreto de sódio por cloretos de potássio ou fosfato, partindo da consciência dos efeitos negativos da utilização de sódio associados a hipertensão arterial e maior risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (17). Na Europa, o pão é considerado um dos alimentos alvo para as políticas públicas para redução de sal. Reduções de sódio neste alimento são possíveis, com alternativas utilizando a substituição parcial do sal por sais de

potássio que neutralizam os efeitos do sódio. Esta substituição deve ser feita com a adoção de critérios para manter a qualidade sensorial do produto (9)

Outra forma indicada para substituição parcial do sal são os aromáticos, especiarias ou condimentares (AEC). Especiarias ou condimentos vegetais são os produtos constituídos de partes de espécies vegetais, como raízes, rizomas, bulbos, cascas, folhas, flores, frutos, sementes e outras partes das plantas, possuidoras de substâncias aromáticas ou picantes, com ou sem valor alimentício, utilizadas para agregar sabor ou aroma aos alimentos e bebidas. Os componentes dos sabores consistem em compostos como álcoois, aldeídos, ésteres, terpenos, fenóis, ácidos orgânicos e outros, muitos dos quais ainda não identificados. Suas concentrações nos alimentos são determinadas pela preferência de sabores, normalmente encontrando-se entre 0,5 a 1% no produto final (35).

Para a análise quantitativa do íon sódio em alimentos, a espectrometria de absorção atômica (EAA), espectrofotometria de emissão em plasma acoplado indutivamente (ICP) e a fotometria de emissão de chama (FES) são métodos que permitem a determinação. A fotometria de emissão de chama FES é considerada o método mais simples e menos dispendioso, sendo seu uso relatado em vários estudos, para quantificação de íon sódio em diversos alimentos (12). As experiências demonstram que a FES é preferível para metais alcalinos, que são mais facilmente medidos por emissão, desta forma tornando-se um método sensível e menos oneroso para metais como sódio, lítio, potássio e cálcio (36).

O método FES é mais utilizado em estudos de determinação de sódio visto que os teores a serem quantificados são relativamente elevados, variando de 300 a 700 mg em pão. O método é preciso e sensível, permitindo quantificação direta de sódio em alimentos. Vieira et al. (10) propôs em sua pesquisa a determinação de sódio com digestão por via úmida e leitura em fotometria de chamas, sendo que o método permitiu resultados rápidos e precisos em um curto período de tempo, assegurando a comercialização de pão com teores reduzidos de sódio, conforme legislação vigente.

3. CAPÍTULO 1

Elaboração de pão de forma com substituição parcial de cloreto de sódio¹ **Elaboration of pan bread with partial replacement of sodium chloride**

Pão de forma com redução de sódio **Pan bread with sodium reduction**

Valeria Hartmann², Cintia Cassia Tonieto Gris³, Joseane Bressiani⁴, Elis Regina Boita²,
Luiz Carlos Gutkoski⁴

(Artigo submetido à Revista de Nutrição, em Agosto de 2014)

¹ Artigo elaborado a partir da dissertação de V. HARTMANN, intitulada “Efeito da substituição parcial e validação de metodologia de análise de sódio em pão de forma”. Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação, Universidade de Passo Fundo, 2014.

² Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação, Campus I, Bairro São José. 99052-900 Passo Fundo, RS, Brasil. Correspondência para/*Correspondence to*:vhartmann@upf.br

³ Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Biológicas, Curso de Nutrição.

⁴ Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Passo Fundo, RS, Brasil.

RESUMO

Objetivos

Este trabalho teve por objetivo desenvolver pão de forma com substituição parcial do cloreto de sódio (NaCl) por Low Salt (LS) em diferentes concentrações e avaliar as características físicas, reológicas e funcionais.

Métodos

O experimento foi realizado utilizando formulações com diferentes concentrações de LS, de forma isolada ou combinada com NaCl, resultando em 5 tratamentos. A farinha de trigo foi avaliada em relação a umidade, proteínas, cinzas, farinografia, número de queda, glúten e alveografia. O pão de forma foi elaborado em escala laboratorial e avaliado quanto ao volume específico, escore de pontos, firmeza, cor da crosta, cor do miolo.

Resultados

A farinha de trigo utilizada possui composição química de acordo com a legislação, sendo classificada como Tipo 1, e com características adequadas para fabricação de pão de forma. Na panificação obteve-se produtos com escore de pontos entre regular (82,3), bom (90,7 e 92,7) e excelente (95 e 96) sendo proporcional ao conteúdo de NaCl. O substituto empregado no estudo, na formulação com 0,5% de LS e 1% de NaCl, apresentou resultados semelhantes ao padrão (2% de NaCl), com qualidade tecnológica, funcional, sensorial e redução de 37% de NaCl.

Conclusão

A substituição de NaCl com utilização do LS é uma alternativa viável para emprego em pão de forma e pode ser utilizada pela indústria de panificação para atender os requisitos legais de produtos com reduzidos teores de sódio.

Termos de indexação: Trigo. Propriedades Químicas. Firmeza. Sódio. Potássio.

ABSTRACT

Objectives

This work aimed to develop bread with partial replacement of sodium chloride (NaCl) by Low Salt (LS) at different concentrations and evaluate the physical, rheological and functional characteristics.

Methods

The experiment was conducted using formulations with different concentrations of LS, isolated or combined with NaCl, resulting in 5 treatments. Wheat flour was evaluated against moisture, protein, ash, farinograph, falling number, gluten and alveography. The pan bread was prepared in laboratory scale and evaluated for specific volume, score points, firmness, crust color and crumb color.

Results

The flour used has a chemical composition according to the law, classified as type 1, and with adequate characteristics for manufacturing of bread. In bread tests obtained products with points scores between regular (82.3), good (90.7 and 92.7) and excellent (95,0 and 96,0) are proportional to the amount of sodium chloride. The substitute employed in the study, the formulation with 0.5% LS and 1% NaCl, showed similar pattern (2% NaCl), with acceptable technological, functional and sensory quality and reduction of 37% NaCl.

Conclusion

The substitution of sodium chloride with use of LS is feasible in pan bread, and can be used by the baking industry to meet legal requirements of products with reduced sodium content.

Indexing terms: Wheat. Chemical Properties. Firmness. Sodium. Potassium.

INTRODUÇÃO

O sódio (Na) é o cátion mais abundante no fluido extracelular do corpo humano, sendo um importante regulador do seu volume. A necessidade nutricional de Na para seres humanos adultos é de 500 mg por dia e no Brasil se estima um consumo diário de 4800 mg, equivalente a 12 g de sal^{1,2}. As evidências relacionando a ingestão excessiva de sódio ao desenvolvimento de doenças crônicas como pressão alta, doenças cardíacas e renais² nortearam as instituições como a Sociedade Brasileira de Hipertensão, Food Standards Agency (Reino Unido), Food Safety Authority of Ireland (Irlanda), Institute of Medicine e National Academy of Science (Estados Unidos da América) a recomendarem redução global da ingestão para 6 g de sal, o equivalente ao limite de 2400 mg diários de sódio¹. O limite máximo de sódio recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) é de 2000 mg por dia³.

Os cereais e seus derivados, incluindo os pães fornecem cerca de 40% da quantidade média de sódio individual ingerida por dia⁴. O pão é um alimento básico produzido e consumido na maioria dos países, tendo seu consumo médio no Brasil de 33,5 kg *per capita* ano⁵. Na elaboração de pão, o sal é responsável pelo desenvolvimento da massa, fortalecimento da rede de glúten, formação da crosta crocante, sabor e conservação. A sua ausência prejudica características sensoriais do pão, porém o excesso inibe o desenvolvimento das leveduras, prejudicando a fermentação do pão e contribui para maior ingestão de sódio na alimentação⁴.

A farinha de trigo é o principal ingrediente na elaboração de pão e sua qualidade está diretamente relacionada a indicação de sua utilização em diferentes produtos, sendo que esta assume características físicas, químicas, enzimáticas e reológicas próprias para cada tipo de produto a ser elaborado^{6,7}. Na panificação busca-se uma farinha com boa estabilidade farinográfica, boa força de glúten e uma equilibrada relação P/L; atividade enzimática média; com cor clara, isenta de sujidades e com características sensoriais próprias⁸.

Diversas pesquisas tem sido desenvolvidas com o intuito de elaborar pães com redução parcial de sódio através do emprego de substitutos, com reduções de 20%⁹, 24%¹⁰ e 30%¹¹, utilizando cloreto de potássio (KCl), sem prejuízo nas características reológicas, funcionais e sensoriais de pães. O nível preferencial de sal em alimentos depende do consumido e este nível preferido, possivelmente pode ser reduzido através da diminuição da ingestão habitual de sal. Há necessidade de estudos em relação a concentração de cloreto de sódio (NaCl) e utilização de substituto para o pão e esta redução deve ser gradativa, sem comprometimento das características funcionais e sensoriais do produto, para que o mesmo tenha aceitabilidade

pelo consumidor final^{12,13}. A utilização de substitutos combinando concentrações de NaCl e KCl é alvo de pesquisas. O Low Salt (LS) é um produto puramente mineral, sem anti-aglutinantes e outros aditivos tecnológicos, que contém em sua composição 20% de Na e 18,5% de potássio (K), desenvolvido para auxiliar a indústria na redução de sódio em alimentos processados¹⁴.

De acordo com Brasil² uma das orientações para a indústria de panificação é a de diminuir a adição de NaCl à farinha de trigo, um dos ingredientes da massa. Em 2010, o Ministério da Saúde e as indústrias de massa, trigo e panificação firmaram acordo que prevê a diminuição de 10% na adição de NaCl ao pão ao ano até 2014. Este estudo foi conduzido visando a contribuição do conhecimento científico para utilização de substituto na redução de sódio em alimentos, considerando a necessidade de adequação das indústrias às recomendações legais, e teve como objetivo identificar fonte de substituição do NaCl e sua concentração para a formulação de pão de forma e avaliar as características do produto.

MÉTODOS

A farinha de trigo foi obtida em moinho da região, sem adição de ferro e ácido fólico e com características próprias para elaboração de pão de forma. Os demais ingredientes adquiridos no comércio local. O substituto do sal utilizado é um produto mineral denominado Low Salt (LS), que contém em sua formulação Na e K. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, utilizando com um substituto para o NaCl de forma isolada e combinada, resultando em 5 tratamentos, sendo estes: formulação padrão, com 2% de NaCl, formulação com 1% de NaCl e sem NaCl, com as combinações, utilizando diferentes concentrações com Low Salt (LS), conforme Tabela 1. Todas as avaliações foram realizadas no mínimo em triplicata. O trabalho foi realizado no Laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA).

Características reológicas e funcionais da farinha de trigo

A caracterização quanto a composição química foi realizada de acordo com a metodologia da AACC¹⁵. A determinação da umidade foi realizada de acordo com o método oficial de análise de sementes nº 44-15.02 da AACC¹⁵. O teor de cinzas foi realizada de acordo com o método nº 08-12.01 da AACC¹⁵. A determinação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl. Utilizou-se o fator de 5,7 de acordo com o método nº 46-13 da AACC¹⁵.

A atividade enzimática foi determinado pelo aparelho *Falling Number*, marca Perten Instruments, modelo FN 1700, Suécia, de acordo com o método 56-81.03 da AACC¹⁵, utilizando sete gramas de amostra, corrigido para 14%. O conteúdo de glúten foi determinado em Sistema Glutomatic de acordo com a metodologia nº 38-12.02 da AACC¹⁵, sendo obtidos o valor de glúten úmido, glúten seco e índice de glúten.

As características viscoelásticas da farinha de trigo foram determinadas em alveógrafo marca Chopin, modelo NG (Villeneuve-la-Garenne Cedex, França) utilizando o método nº 54-30.02 da AACC¹⁵. Os parâmetros obtidos nos alveogramas são tenacidade (P), que mede a sobrepressão máxima exercida na expansão da massa (mm); extensibilidade (L), que mede o comprimento da curva (mm) e energia de formação da massa (W), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, expressa em 10^{-4} J, e representa a força de glúten.

As características da massa durante a mistura foram determinadas no Promylograph modelo T6-E, da Alemanha, de acordo com o método nº 54-21.02 da AACC¹⁵. Os parâmetros avaliados foram absorção de água, que indica a qualidade da farinha refletida pela capacidade de intumescimento do glúten e o teor de amido danificado; tempo de desenvolvimento, que corresponde ao intervalo decorrente desde a primeira adição de água até o ponto de máxima consistência (pico); estabilidade, definida como a diferença de tempo entre o ponto em que o topo da curva intercepta a linha média de 500 UP e o ponto da curva que deixa a linha.

Formulação de pão de forma

O preparo da massa foi realizado de acordo com o método proposto por Gutkoski & Jacobsen Neto⁶, sendo utilizada a formulação com 2% de NaCl como padrão. Todas as formulações seguiram o método proposto, sendo realizadas as modificações na quantidade de NaCl e substituto, de acordo com as indicações da Tabela 1.

Os ingredientes foram misturados na misturadora marca Kitchen Aid, modelo K5SS Watts 325, Estados Unidos, na velocidade média por doze minutos. Após, adicionado o fermento biológico e misturado por mais seis minutos. A massa foi retirada da misturadora, dividida em porções de 350 g, sendo estas colocadas em formas de tamanho padrão, e deixadas em descanso por dez minutos. Na operação de fermentação, as massas foram colocadas em câmara marca Multipão, Brasil, regulada na temperatura de 30 ± 1 °C e umidade relativa de 80%, por noventa minutos. O monitoramento destas realizou-se pelo uso de termo-higrógrafo. O cozimento foi no forno, marca Labor Instruments, modelo QA 226,

Brasil, regulado na temperatura de 220 °C por 18 minutos, e após os pães esfriarem por uma hora foram realizadas as análises.

Análises dos pães

O volume específico foi determinado em aparelho Vondel, modelo MVP 1300, Brasil, pelo deslocamento de sementes de painço e o volume específico calculado pela relação entre o volume do pão assado e a sua massa, obtida por pesagem em balança semi-analítica. A determinação do volume específico foi realizada com quatro repetições e os resultados expressos em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$.

A avaliação do escore de pontos foi realizada por 4 provadores treinados, sendo eles técnicos do Laboratório de Cereais, habilitados a realizar o teste por meio de cursos de análise sensorial de avaliação das características de produtos de panificação. Foi utilizado a escala de pontos para as características cor da crosta, forma e simetria, características da crosta, aspectos de quebra da crosta, textura do miolo, cor do miolo, aroma e sabor, conferindo-lhes, a partir destes resultados, um valor (escore de pontos) com pontuação máxima de 100. A análise do escore de pontos realizada pelos provadores treinados foi avaliada pelas notas obtidas seguindo classificação de ruim (até 79 pontos), razoável (de 80 a 84), bom (de 85 a 93) e excelente (de 94 a 100 pontos), realizado de acordo com a metodologia proposta por El-Dash¹⁶.

Os parâmetros de cor foram determinados pelo emprego do equipamento Espectrofotômetro de Reflectância Difusa marca Hunter Lab, modelo ColorQuest II, com sensor ótico geométrico de esfera. No sistema Hunter de cor, corrigido pela CIE, os valores L^* (luminosidade) variam entre zero (preto) e 100 (branco), $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e $-b^*$ (azul) a $+b^*$ (amarelo).

Para análise da firmeza os pães foram cortados com um fatiador elétrico, em fatias de 1,25 cm de espessura cada (foram utilizadas as fatias do meio), através da metodologia descrita no método 74-09 da AACC¹⁵. Utilizou-se um texturômetro TA-XT2, da Inglaterra, com uma *probe* cilíndrica de alumínio designada P/36R (com raio de 36 mm) e com os seguintes parâmetros: velocidade pré-teste = $1,0 \text{ mm.s}^{-1}$; velocidade de teste = $1,7 \text{ mm.s}^{-1}$; velocidade de pós-teste = $10,0 \text{ mm.s}^{-1}$ e força de compressão de 40%.

Análise estatística

A significância dos dados foi testada pela análise de variância (Anova) a 0,05 de probabilidade de erro e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 95% de intervalo de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características reológicas e funcionais da farinha de trigo

Os resultados das análises da caracterização da farinha de trigo estão apresentados na Tabela 2. A composição química da farinha de trigo utilizada apresentou-se de acordo com a legislação brasileira para farinha de trigo Tipo 1, em que o teor máximo permitido para umidade é de 15%, cinzas de 0,8% e no mínimo 7,5% de proteínas¹⁷.

Os parâmetros farinográficos da amostra apresentaram-se compatíveis com as características de uma farinha forte, a qual apresenta valores de estabilidade entre 10,1 e 15 minutos e tempo de desenvolvimento entre 8,1 a 10 minutos, parâmetros adequados para produção de pão de forma¹⁸.

O resultado do número de queda encontrado classifica a farinha com atividade enzimática ótima, estando entre 200 e 350 s, valores semelhantes aos encontrados por Freo *et al.*¹⁹, o que proporciona elaboração de pão com miolo firme e volumoso e textura macia²⁰.

A farinha de trigo teve valores baixos para o glúten úmido e seco, no entanto pode-se considerar que o glúten é de boa qualidade pelo valor obtido para o índice de glúten, acima de 95%, desta forma de acordo com Hadnadev, *et al.*²¹, a farinha de trigo utilizada é adequada para panificação. Índices de glúten elevados também foram encontrados no estudo de Nabeshima *et al.*²². O índice de glúten é uma medida de força do glúten, indicador adequado para definir o uso de uma farinha em produtos de panificação, sendo classificada quanto a qualidade do glúten em muito boa, quando o índice está acima de 90%²³.

Para panificação a farinha de trigo deve apresentar valores altos para força de glúten, entre 220 e 300 de $W \times 10^{-4} J^9$, conforme os valores encontrados neste estudo, e semelhantes aos encontrados no estudo de Freo *et al.*¹⁹. O glúten é responsável pela capacidade de absorção de água, que combinado a capacidade de retenção de gás da massa, confere leveza, volume aceitável, textura interna sedosa e granulometria aberta^{24,25}. Valores de tenacidade e extensibilidade P/L⁽²⁾ entre 0,5 e 1,2, são indicados na panificação, conferem característica

extensível e equilibrada. Os valores encontrados para $P/L^{(2)}$ neste estudo classificam o glúten como tenaz^{8,21}, sendo que estes não afetaram a panificação laboratorial. Altos valores de $P/L^{(2)}$ podem ser reduzidos pelo uso de enzimas, dentre estas a xilanase, que é utilizada em panificação visando melhorar as propriedades da massa, facilitando seu processamento e características funcionais²⁶.

Os resultados das características reológicas e funcionais em relação a farinha de trigo (Tabela 2), tendo como critérios os indicados por Biondi²³ e Gutkoski *et al.*²⁰, indicaram que está adequada para elaboração de pão de forma.

Análise dos pães de forma

A avaliação do escore de pontos foi realizada por 4 provadores treinados, e os valores de volume específico em 4 repetições, seguindo os critérios da metodologia proposta por El-Dash¹⁶. A soma dos resultados para o escore de pontos tem pontuação máxima de 100, destes 20 referem-se ao volume específico, 20 e 35 são referentes as características externas e internas respectivamente e 25 pontos estão relacionados ao aroma e sabor. Os resultados referentes a avaliação do escore de pontos estão apresentados na Tabela 3.

O volume específico é uma medida objetiva, que permite verificar a capacidade da farinha de reter o gás no interior da massa e conseqüentemente proporcionar o crescimento dos pães²⁷. Uma farinha com glúten médio a forte permite a elaboração de pães com maior volume e a adição de NaCl faz com que a massa apresenta características próprias para panificação²⁸. O volume específico variou entre 16,5 e 19,9 $\text{cm}^3\text{-g}^{-1}$, sendo que o valor máximo para esta categoria é de 20 $\text{cm}^3\text{-g}^{-1}$, o que caracteriza a qualidade deste parâmetro. O volume específico foi afetado pelas diferentes concentrações de NaCl e LS, com diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as formulações elaboradas, sendo que menores concentrações de NaCl resultaram em maior volume específico, fato justificado pela função do NaCl de controlar o processo de fermentação da massa. Tal fato não foi confirmado em outras pesquisas de elaboração de pão com diferentes concentrações de cloreto de sódio^{10,29,30}.

Nas características externas o menor valor ($p < 0,05$) foi atribuído ao produto com a maior redução de cloreto de sódio observando-se neste problemas relacionados a quebra e simetria. Nas características internas não foram observadas diferenças entre as formulações, sendo que nestas avaliou-se a cor da crosta, a cor, a textura e a estrutura da célula do miolo.

Para o aroma e sabor foi verificada redução significativa ($p < 0,05$) na formulação com menor concentração de NaCl, o que não foi observado nas demais formulações em que a

quantidade de NaCl adicionada foi maior. Esta formulação, com 1,0% de LS e 0,0% de NaCl, apresentou apenas 25% do NaCl adicionado, comparado ao padrão, com 100%. Na elaboração de pão a ausência do sal prejudica as características sensoriais, relacionadas ao sabor, sendo este o maior problema para a redução de sódio, considerando que as questões tecnológicas podem ser minimizadas¹³.

Na avaliação geral do escore de pontos a variação foi entre 82 e 96 pontos. O escore de pontos variou significativamente ($p < 0,05$) com a diminuição da concentração de NaCl, sendo a maior diferença no pão sem NaCl adicionado, este com 1,0% de LS, classificado como razoável, de acordo com a avaliação de El-Dash¹⁶. As formulações com 1,0% de NaCl e 0,25 e 1,0% de LS foram classificadas como bom de acordo com a metodologia utilizada. Nesta classificação o pão de forma com 1,0% de NaCl e 0,5% de LS atingiu a pontuação máxima, classificado como excelente junto com o pão de forma padrão, sendo esta a formulação com utilização de substituto que obteve o melhor resultado, nas questões tecnológicas e sensoriais.

Na Tabela 4 estão apresentados os parâmetros relacionados a firmeza e cor dos pães de forma. Os valores encontrados em relação a firmeza indicam diferenças entre as formulações elaboradas, sendo mais elevados para o pão com maior concentração de LS e, desta forma maior teor de cloreto de potássio (1,0% NaCl e 1,0% LS). A firmeza é uma medida importante porque avalia propriedades que afetam diretamente a qualidade dos produtos de panificação²⁷, está relacionada com a dureza do pão, e representa a força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra, realizada em texturômetro mecânico, e é correlacionada a mordida humana durante o consumo de alimentos. A força máxima em produtos de panificação é dependente dos ingredientes da formulação, umidade da massa e conservação³¹. Os valores médios para firmeza no pão com 1% de LS mais elevados podem indicar de que o cloreto de potássio pode interferir na firmeza, sendo que este resultado não foi encontrado no estudo de Salovaara²⁹.

A avaliação da cor pode indicar falhas no processamento, que pode ser percebida pela cor da crosta, muito clara ou muito escura. O valor de L^* representa a característica referente a quão claro (mais próximo de 100) ou escuro (próximo a zero) se encontram os pães, sendo que os valores de cromaticidade L^* encontrados foram significativamente diferentes ($p < 0,05$), nas formulações para a crosta, não se observando esta diferença para o miolo. Nabeshima *et al.*²² encontraram em pão de forma padrão valores de luminosidade de 72,4 e estes com boa aceitação sensorial. Esteller & Lannes³¹, encontraram para pão de fôrma um valor médio de coordenada de cromaticidade L^* de 62,3 para o miolo, valor menor ao encontrado neste estudo.

Maiores valores de a^* (desvio para o vermelho) indicam coloração mais escura para a crosta, o que é de acordo com Esteller & Lannes³¹, mais característico para pão de forma. Os autores encontraram para pão de forma um valor médio para cromaticidade a^* de 17,1. No presente trabalho, todas as concentrações de NaCl utilizadas produziram pães com valores entre 11 e 13 para esta coordenada. Os pães elaborados apresentaram valores para a coordenada b^* entre 29 e 34,6 para a crosta, e 17,1 a 18,5 para o miolo, mantendo maior intensidade para a coloração amarela, valores inferiores aos encontrados por Nabeshima *et al.*²² para o miolo na coordenada b^* . Os valores encontrado para as coordenadas de cor neste estudo são característicos para pão de forma.

CONCLUSÃO

A farinha de trigo apresenta composição química de acordo com a legislação, com e características reológicas e funcionais próprias para a elaboração de pão de forma, de acordo com os resultados encontrados, farinha forte, com bom índice de glúten e ótima atividade enzimática.

O substituto LS pode ser utilizado na elaboração de pão de forma. As propriedades dos produtos foram similares ao padrão, no entanto é preciso avaliar o nível de substituição para manter características relacionadas ao volume, firmeza e sabor, características facilmente percebidas pelo consumidor que podem causar rejeição do produto.

Entre as formulações do estudo, a que apresenta melhores resultados é a formulação com 1% de NaCl e 0,5% de LS, com características semelhantes ao padrão, com 2% de NaCl, obtendo-se desta forma um produto com boa qualidade tecnológica, funcional e sensorial, e redução de 37% de NaCl adicionado a massa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS pelo apoio financeiro, Edital 001/2013 - PQG e fornecimento de bolsa de pós-graduação e a empresa Prozyn pelo fornecimento de material experimental.

COLABORADORES

V HARTMANN, C GRIS E LC KUTKOSKI desenvolveram o projeto, os instrumentos, a coleta e interpretação dos dados. V HARTMANN, LC KUTKOSKI, J BRESSIANI e ER BOITA escreveram e revisaram o artigo.

REFERÊNCIAS

1. Sociedade Brasileira De Cardiologia / Sociedade Brasileira De Hipertensão / Sociedade Brasileira De Nefrologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(1): 1-51.
2. Brasil. Ministério da Saúde MS. Plano de redução do sódio em alimentos processados. 2012. Disponível em: <http://www.sindipan.org.br/porta/verNoticia.php?id=611>. Acesso em 07/11/2012.
3. World Health Organization WHO. Forum on Reducing Salt Intake in Populations. Reducing salt intake in populations: report of a WHO forum and technical meeting, 2006. October 5-7, Paris. Disponível em: http://www.who.int/dietphysicalactivity/Salt_Report_VC_april07.pdf. Acesso em 01/03/2013.
4. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Guia de boas práticas nutricionais, 2012. Disponível em: portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/.../Boas+praticas+nutricionais.pdf. Acesso em: 20/10/2012.
5. ABIP. Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria, 2013. Disponível em: http://www.abip.org.br/noticias_internas.aspx?cod=164. [Acesso 2014 ago 15].
6. Gutkoski LC, Jacobson Neto R. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2002; 32(5): 873-9.
7. Abid H, Ali A, Hussain A. Suitability of different wheat varieties grown in NWFP for bread making and effects of falling number on storage. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2009; 8(5): 616-9. doi: 10.3923/pjn.2009.616.619
8. Gutkoski LC, Durigon A, Mazzutti S, Cezare K, Colla LM. Influência do tipo de farinha de trigo na elaboração de bolo tipo inglês. *Braz. J. Food Technol. Campinas*, 2011; out/dez, 14(4): 275-82. doi: 10.4260/BJFT2011140400033.
9. Salovaara H. Effect of partial sodium-chloride replacement by other salts on wheat dough rheology and breadmaking. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 1982; 59(5): 422-6.
10. Ignácio AKF, Rodrigues JTD, Niizu PY, Chang YK, Steel CJ. Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês. *Braz. J. Food Technol. Campinas*, 2013; jan/mar, 16(1): 1-11. doi: 10.1590/S1981-67232013005000010.
11. Braschi A, Gill L, Naismith DJ. Partial substitution of sodium with potassium in white bread: feasibility and bioavailability. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Londres, 2009; 60(6): 507-21. doi: 10.1080/09637480701782118
12. Bolhuis D, Temme EHM, Koeman FT, Noort MWJ, Kremer S, Janssen AM. Salt Reduction of 50% in Bread Does Not Decrease Bread Consumption or Increase Sodium

- Intake by the Choice of Sandwich Fillings. *The Journal of Nutrition*, 2011; Nov, 141,2249–55. doi:10.3945/jn.111.141366.
13. Salovaara H. Technologies of salt reduction in bread: issues, problems and solutions. Seminar: Salt in Bread. Brussels. 2009; Oct: 21. [Acesso em 2014 mai 15]. Disponível em:
http://ec.europa.eu/health/nutrition_physical_activity/docs/ev20091021_salovaara_en.pdf.
 14. PROZYN. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil STAB – 2012: set/out. 1(31).
 15. AACC - American Association Of Cereal Chemists. Approved methods. Saint Paulo: 11ª ed. 2009.
 16. El-Dash AA. Standardized mixing and fermentation procedures for experiments baking test. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 1978: 55(336), 436-46.
 17. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005. Aprova o Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 22 jun. 2005:1, 14.
 18. Gutkoski LC, Durigon A, Mazzutti S, Silva ACT, Elias MC. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 2008: 28(4), 888-94.
 19. Freo JD, Moraes LBD, Colussi R, Mossmann J, Elias MC, Gutkoski LC. Propriedades físicas e tecnológicas de afrinha de trigo tratada com terra diatomácea. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2011; jun, 41(6): 1076-81. doi: 10.1590/S0103-84782011005000061
 20. Gutkoski LC, Durigon A, Mazzutti S, Cezare K. Efeito do extrato de malte de aveia nas características físicas de pão de fôrma. *Braz. J. Food Technol.*, 2010; novembro: III SSA. doi: 10.4260/BJFT20101304110.
 21. Hadnadev M, Dapcevié Dadnadev T, Simurina O, Filipcev B. Empirical and Fundamental Rheological Properties of Wheat Flour Dough as Affected by Different Climatic Conditions. *J. Agr. Sci. Tech.* 2013; 15: 1381-91.
 22. Nabeshima EH, Ormenese RCSC, Montenegro FM, Toda E, Sadahira MS. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 2005; jul.-set, 25(3): 506-11. doi:10.1590/S0101-20612005000300019
 23. Biondi SHS. Qualidade da Farinha de Trigo: Conceito, Fatores Determinantes e Parâmetros de Avaliação de Controle. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2003; 41-62.
 24. Wiesir H. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol.*, Illinois, 2007; 24(2):115-9. DOI: 10.1016/j.fm.2006.07.004

25. Gutkoski LC, Klein B, Pagnussatt FA, Pedó I. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras, 2007; 31(3): 786-92. doi:10.1590/S1413-70542007000300027
26. Becker NB; Baratto CM; Gelinski JMLN. Propriedades das enzimas α -amilase e xilanase comerciais e sua influência na reologia da massa e na qualidade do pão de forma. Evidência, Joaçaba janeiro/dezembro, 2009; 9(1-2): 67-82.
27. Storck CR. PereirA JM, Pereira GW, Rodrigues AO, Gularte MA, Dias ARG. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. Braz. J. Food Technol 2009; Janeiro: II SSA.
28. He H, Roach RR, Hosenev RC. Effect of nonchaotropic salts on flour bread-making properties. Cereal Chemistry, Saint Paul, 1992; 69(4): 366-71.
29. Salovaara H. Sensory limitations to replacement of sodium with potassium and magnesium in bread. Cereal Chemistry, Saint Paul, 1982; 59(5): 427-430.
30. Lynch EJ, Bello FD, Sheehan EM, Cashman KD, Arendt EK. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. Food Research International, Toronto, 2009; 42: 885-91.
31. Esteller, M. S.; Lannes, S. C. S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. Ciência Tecnologia Alimentos, Campinas, 2005; out.-dez, 25(4): 802-6. doi: 10.1590/S0101-20612005000400028.

Tabela 1 - Formulações de pão de forma com diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl) e Low Salt (LS). Passo Fundo, RS – 2014.

Ingredientes (%)	Formulações				
	2% NaCl 0% LS	1% NaCl 1% LS	1% NaCl 0,5% LS	1% NaCl 0,25% LS	0% NaCl 1% LS
Farinha de trigo	100	100	100	100	100
Água	58	58	58	58	58
Açúcar	5	5	5	5	5
Gordura Vegetal	3	3	3	3	3
Ácido ascórbico	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fermento biológico úmido	3	3	3	3	3
NaCl	2	1	1	1	0
LS	0	1	0,5	0,25	1

Tabela 2 - Caracterização da farinha de trigo. Passo Fundo, RS – 2014.

Composição centesimal	Umidade (%)	14,03±0,0
	Proteínas %	9,25±0,0
	Cinzas %	0,53±0,0
Parâmetros farinográficos	Absorção de água (ABS) %	58,85±1,0
	Tempo de chegada (TC) (minutos)	1,25±0,3
	Tempo de desenvolvimento (TD) (minutos)	9,00±0,0
	Estabilidade (EST) (minutos)	13,5±0,2
	Índice de tolerância a mistura (ITM) (UF)	30,00±11,4
	Número de queda	273,25±1,4
Teores de glúten	Glúten úmido (%)	22,22±0,7
	Glúten Seco (%)	7,92±0,5
	Índice de glúten	97,86±0,8
Alveografia	Tenacidade (P)	113 mmH ₂ O
	Extensibilidade (L)	57 mm
	P/L	1,98
	Energia de deformação da massa (W)	243 10 ⁻⁴ J

Tabela 3 - Escores de pontos do pão de forma elaborado. Passo Fundo, RS – 2014.

	2% NaCl	1% NaCl	1% NaCl	1% NaCl	0% NaCl
		1% LS	0,5% LS	0,25% LS	1% LS
Volume específico (cm ³ -g ⁻¹)	17,7±(0,1) ^d	16,5±(0,1) ^c	18,7±(0,1) ^c	19,4±(0,4) ^b	19,9±(0,1) ^a
Características externas	19,5±(0,4) ^{ab}	18,7±(0,5) ^b	19,0±(0,5) ^b	20,0±(0,0) ^a	17,1±(0,7) ^c
Características internas	33,8±(1,5) ^a	32,7±(2,6) ^a	33,5±(1,7) ^a	32,0±(3,8) ^a	27,8±(4,3) ^a
Aroma e sabor	25,0±(0,0) ^a	22,7±(2,2) ^a	23,8±(1,0) ^a	21,3±(2,9) ^{ab}	17,5±(2,5) ^b
Escore de pontos	96,0±(1,7) ^a	90,7±(1,1) ^{ab}	95,0±(3,3) ^a	92,7±(5,6) ^a	82,3±(6,7) ^b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o desvio padrão da média.

Tabela 4 - Parâmetros de firmeza, cor do miolo e da crosta de pão de forma elaborado. Passo Fundo, RS – 2014.

		2% NaCl	1% NaCl 1% LS	1% NaCl 0,5% LS	1% NaCl 0,25% LS	0% NaCl 1% LS
Firmeza		93,6±(0,3) ^c	125,6±(1,4) ^d	76,2±(3,8) ^a	70,7±(2,3) ^a	87,2±(3,1) ^b
Cor	L* CROSTA	58,9±(0,3) ^c	60,1±(0,0) ^b	56,7±(0,0) ^e	58,0±(0,2) ^d	61,4±(0,2) ^a
	a* CROSTA	11,9±(0,2) ^b	11,8±(0,0) ^b	13,1±(0,1) ^a	11,9±(0,1) ^b	11,9±(0,0) ^b
	b* CROSTA	29,6±(0,5) ^d	33,6±(0,1) ^b	33,4±(0,3) ^b	30,7±(0,1) ^c	34,6±(0,2) ^a
	L* MIOLO	87,9±(0,0) ^a	87,7±(0,3) ^a	87,8±(0,0) ^a	87,1±(1,5) ^b	87,8±(0,1) ^a
	a* MIOLO	-1,56±(0,0) ^a	-1,6±(0,0) ^b	-1,6±(0,0) ^b	-1,6±(0,0) ^c	-1,6±(0,0) ^c
	b* MIOLO	17,1±(0,0) ^e	17,8±(0,0) ^c	17,3±(0,0) ^d	18,5±(0,2) ^a	18,0±(0,0) ^b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o desvio padrão da média.

4. CAPÍTULO 2

Substituição parcial de cloreto de sódio em pão de forma, avaliação sensorial e estabilidade ao armazenamento

Partial replacement of sodium chloride in pan bread, sensory evaluation and storage stability.

(Artigo em preparação para submissão para o periódico Cadernos de Saúde Pública)

RESUMO

O pão é uma fonte de sódio na alimentação, considerando seu consumo diário de 93 g *per capita*, que representa em média 740 mg de sódio. A substituição parcial de cloreto de sódio por outro sal oferece a oportunidade de manter a concentração de eletrólitos, e assim auxiliar na conservação das características tecnológicas e sensoriais da massa. Este trabalho objetivou desenvolver pão de forma com substituição parcial do cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl), Low Salt (LS) e aromáticos, especiarias e condimentares (AEC) e avaliar as características da massa, parâmetros sensoriais e a estabilidade ao armazenamento. O estudo foi realizado nos laboratórios de Cereais, de Panificação e Análise Sensorial do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA) da Universidade de Passo Fundo (UPF). A farinha de trigo apresentou características adequadas para pão de forma. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, utilizando o NaCl com 2,0% como padrão e três substitutos, sendo estes o KCl com 1,0 %, LS 0,50% e AEC com 1,0% de forma combinada com o NaCl a 1,0%, resultando em 4 tratamentos. Os tratamentos foram realizados com duas repetições e os ensaios em triplicata. O pão de forma foi elaborado em escala industrial e avaliado quanto ao volume específico, firmeza, estabilidade e características sensoriais. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UPF por envolver avaliação sensorial. A significância dos dados foi testada pela análise de variância (Anova) a 0,05 de probabilidade de erro e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 95% de intervalo de confiança. Para o escore de pontos, o substituto AEC obteve a menor pontuação, classificado como ruim (77 pontos); seguido pelo KCl, classificado como bom (90,1 pontos) e o substituto LS e o padrão classificados como excelentes (95,1 e 96 pontos respectivamente). Para a firmeza o pão padrão e com LS apresentaram menores valores, indicando maior maciez. Todos os pães apresentaram a_w acima de 0,92, faixa crítica de estabilidade, comum em produtos de panificação. Na avaliação sensorial o pão com AEC obteve os menores valores em todos os quesitos avaliados, seguido pelo KCl. O substituto LS obteve pontuação semelhante ao padrão, não sendo verificada diferença significativa ($p < 0,05$) nos quesitos avaliados. Apesar das diferenças, todas as formulações apresentaram pontuação positiva acima de 54% para a intenção de compra. O substituto LS apresentou características semelhantes ao padrão, nas propriedades físicas, tecnológicas e sensoriais, com redução de 37% de NaCl adicionada na formulação, sendo uma alternativa para a redução de sódio em pão de forma.

Palavras-chave: propriedades químicas, aceitação, panificação, cloreto de sódio, cloreto de potássio

ABSTRACT

The bread is a source of sodium in the diet and considering their daily consumption, daily intake is 93 g *per capita*, which is on average 740 mg sodium. The partial replacement of sodium chloride by other source offers the opportunity to keep the electrolyte concentration, and thus assist in the conservation of technological and sensory characteristics of the pasta. This study aimed to develop pan bread with partial replacement of sodium chloride (NaCl) by potassium chloride (KCl), Low Salt (LS) and aromatic spices and condiments (AEC) and evaluate the characteristics of the pasta, and sensory parameters storage stability. The study was conducted in Cereals, Baking and Sensory Analysis of the University of Passo Fundo (UPF) Research Center for Food (CEPA) laboratories. The flour presented appropriate characteristics for pan bread. The experiment was conducted in a completely randomized design using 2.0% NaCl as standard and three substitutes, and these KCl with 1.0%, LS 0.50% and AEC with 1.0% in combination with NaCl 1.0%, resulting in 4 treatments. The experiments were conducted with two replications and tested in triplicate. The pan bread was prepared on an industrial scale and evaluated for specific volume, firmness, stability and sensory characteristics. The project was approved by the Research Ethics Committee (REC) of the UPF to involve sensory evaluation. The significance of the data was tested by analysis of variance (ANOVA) at 0.05 error probability and the significant models, the averages were compared by Tukey test at 95% confidence interval. To score points, substitute AEC got the lowest score, classified as bad (77pontos); followed by KCl classified as good (90.1 points) and substitute the LS and standard rated as excellent (95.1 and 96 points respectively). For the standard bread firmness and LS showed values of softness. All formulations showed aw above 0.92, the critical range of stability, common in baked goods. In sensory evaluation bread with AEC obtained the lowest values for all variables evaluated, followed by KCl. The LS replacement obtained similar to the standard score, not being significant difference ($p < 0.05$) in the variables evaluated. Despite the differences, all formulations showed a positive score above 54% for the purchase intention. The LS replacement showed similar standard features, physical, sensory and technological properties, down 37% NaCl added in the formulation, as an alternative for the reduction of the sodium in bread.

Key words: chemical properties, acceptance, baking, sodium chloride, potassium chloride

INTRODUÇÃO

O consumo de sódio pelos brasileiros alcança aproximadamente 4700 mg diárias, quantidade duas vezes superior à recomendada pela Organização Mundial de Saúde (1,2). Cerca de três quartos do sódio ingerido provém do sal de cozinha adicionado diretamente aos alimentos (71,5%) ou de condimentos formulados com cloreto de sódio (4,7%), enquanto o restante é ofertado por meio de alimentos processados contendo esse ingrediente com fins organolépticos ou tecnológicos (3). Alternativas para redução de sódio, em indústrias de alimentos incluem a substituição do cloreto de sódio (NaCl) por cloretos de potássio (KCl) ou fosfato, partindo da consciência dos efeitos negativos da utilização de sódio associados a hipertensão arterial e maior risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (4,5). Ambos os sais têm propriedades semelhantes, no entanto a ingestão deficiente de potássio também está associada ao desenvolvimento de hipertensão e doenças cardiovasculares (6,7).

O pão é fonte de sódio na alimentação em diversos países, representando entre 25 e 30% do consumo, fato este considerado em função de seu consumo diário (8). Por definição, pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa, fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes (9). Entre as principais funções do sal na panificação destaca-se o sabor e outras propriedades sensoriais, a melhora no desenvolvimento da massa e aumento da vida de prateleira. Os substitutos do sal (sais minerais) são de pouco valor na melhoria de sabor, mas podem ser úteis para a textura dos alimentos (8).

O cloreto de potássio (KCl) é provavelmente o substituto do sal (NaCl) mais comumente utilizado na indústria de alimentos (10). O KCl apresenta aproximadamente 80% da capacidade de salgar, mas possui sabor amargo e metálico no produto final se utilizado em demasia, limitando seu uso (11,12). A alternativa mais comum é substituir parcialmente NaCl por KCl, a fim de reduzir a quantidade de sódio nos alimentos. De acordo com Fletcher (13), o KCl ajuda a manter o sabor salgado e pode reduzir a quantidade de sal nos alimentos em até 25%, sem perdas de palatabilidade. A substituição parcial de cloreto de sódio por outro sal, ao invés da redução, oferece a oportunidade de manter a concentração de eletrólitos, e assim auxiliar na conservação das características tecnológicas e sensoriais da massa (14,5).

Outra forma indicada para substituição parcial do sal são os aromáticos, especiarias ou condimentares (AEC) que são produtos constituídos de partes de espécies vegetais, como raízes, rizomas, bulbos, cascas, folhas, flores, frutos, sementes e outras partes das plantas,

possuidoras de substâncias aromáticas ou picantes, com ou sem valor alimentício, utilizadas para agregar sabor ou aroma aos alimentos e bebidas. Suas concentrações nos alimentos são determinadas pela preferência de sabores, normalmente encontrando-se entre 0,5 a 1,0% no produto final (15). As especiarias, em especial o alho e a salsa são boas fontes de nutrientes, como o fósforo e o potássio para o alho e o potássio e cálcio para a salsa (16).

O objetivo deste estudo foi de desenvolver pão de forma com substituição parcial de NaCl por KCl, Low Salt e especiarias e avaliar as características funcionais e sensoriais e a estabilidade ao armazenamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Material experimental

A farinha de trigo utilizada no trabalho foi adquirida em moinho da região, sem adição de ferro e ácido fólico e com características próprias para elaboração de pão de forma, com 14,03% de umidade, 9,25% de proteínas e 0,53% de cinzas, com características farinográficas (absorção de água de 58,85%; tempo de chegada de 1,25%; tempo de desenvolvimento da massa de 9,00 minutos; índice de tolerância a mistura de 30,00 UF); características alveográficas (energia de deformação da massa (W) igual a $243 \cdot 10^4$ J; extensibilidade de 57 mm e tenacidade de 113 mmH₂O e P/L de 1,98) e com índice de glúten de 97,86%.

Os demais ingredientes para a elaboração do pão e as especiarias foram adquiridos no comércio local. O substituto do sal utilizado é um produto mineral fornecido pela empresa Prozyn denominado Low Salt (LS), que contém em sua formulação 20% de sódio (Na) e 18,5% de potássio (K). O cloreto de potássio (KCl) foi obtido de fornecedor de produtos químicos.

O trabalho foi realizado nos Laboratórios de Cereais e de Panificação do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA), sendo realizadas análises de caracterização da farinha de trigo e o desenvolvimento do pão de forma com utilização de substitutos do cloreto de sódio (NaCl). Os testes sensoriais foram realizados no laboratório de Análise Sensorial do CEPA, cujas instalações incluem cabines individuais.

Delineamento experimental

O experimento realizado foi em delineamento inteiramente casualizado, utilizando três substitutos de NaCl de forma isolada e combinada, resultando em 4 tratamentos, sendo estes: formulação base, formulações com 50% de NaCl, combinando com cloreto de potássio (KCl), Low Salt (LS) e uso de especiarias, conforme Tabela 1. Os tratamentos foram realizados com duas repetições e as análises no mínimo em triplicata.

Tabela 1 - Ingredientes utilizados nas formulações de pão de forma expressos em percentuais com base na farinha de trigo, pelo emprego de 2% de cloreto de sódio (NaCl) e substituição parcial com cloreto de potássio (KCl), especiarias (AEC) e Low Salt (LS).

Ingredientes (%)	Formulações			
	2% NaCl	1% NaCl 1% KCl	1% NaCl 1% AEC	1% NaCl 0,5% LS
Farinha de trigo	100	100	100	100
Água	58	58	58	58
Açúcar	5	5	5	5
Gordura vegetal	3	3	3	3
Ácido ascórbico	0,01	0,01	0,01	0,01
Fermento biológico úmido	3	3	3	3
NaCl	2	1	1	1
KCl	0	1	0	0
AEC	0	0	1	0
LS	0	0	0	0,5

Formulação de pão de forma

O preparo da massa foi realizado de acordo com o método proposto por Gutkoski & Jacobsen Neto (17), sendo utilizada a formulação padrão com 2% de NaCl. Todas as formulações seguiram o método proposto, sendo realizadas as modificações na quantidade de NaCl e substitutos, de acordo com as indicações na Tabela 1.

Os ingredientes foram misturados na misturadora marca Kitchen Aid, modelo K5SS Watts 325, Estados Unidos, na velocidade média por doze minutos. Após, adicionado o fermento biológico e misturado por mais seis minutos. A massa foi retirada da misturadora,

dividida em porções de 140 g, deixada em descanso por dez minutos e após colocadas em formas. Na operação de fermentação, as massas foram colocadas em câmara marca Multipão Brasil, regulada na temperatura de 30 ± 1 °C e umidade relativa de 80%, por noventa minutos. O monitoramento destas realizou-se pelo uso de termo higrógrafo. O cozimento foi no forno, marca Labor Instruments, modelo QA 226, Brasil, regulado na temperatura de 220 °C por 18 minutos, e após os pães esfriaram por uma hora foram realizadas as análises.

Análises dos pães

Volume específico: determinado em aparelho marca Vondel, modelo MVP 1300, Brasil, pelo deslocamento de sementes de canola e o volume específico calculado pela relação entre o volume do pão assado e a sua massa, obtida por pesagem em balança semi-analítica. A determinação do volume específico foi realizada uma hora após o cozimento dos pães, com quatro repetições e os resultados expressos em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$.

Escore de pontos: realizado por quatro provadores treinados e utilizado a escala de pontos para as características cor da crosta, forma e simetria, características da crosta, aspectos de quebra da crosta, textura do miolo, cor do miolo, aroma e sabor, conferindo-lhes, a partir destes resultados, um valor (escore de pontos) com pontuação máxima de 100, sendo a classificação de acordo com a nota obtida: ruim (até 79 pontos), razoável (de 80 a 84), bom (de 85 a 93) e excelente (de 94 a 100 pontos), de acordo com a metodologia proposta por El-Dash (18)

Cor: determinada pelo emprego do equipamento Espectrofotômetro de Reflectância Difusa marca Hunter Lab, (modelo ColorQuest II, com sensor ótico geométrico de esfera. O aparelho foi calibrado com cerâmica, realizando-se a leitura por reflexão e utilizando-se ângulo de observação de 2°, iluminante D75. No sistema Hunter de cor, corrigido pela CIE, os valores L^* (luminosidade) variam entre zero (preto) e 100 (branco), $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e $-b^*$ (azul) a $+b^*$ (amarelo). As amostras, apresentando opacidade comprovada e granulométrica inferior a 250 μm foram transferidas para cubetas de quartzo do próprio equipamento, compactadas, colocadas sobre o sensor ótico de 1" e realizado a leitura em quadruplicata.

Vida de prateleira

Os pães foram acondicionados em sacos plásticos de polietileno atóxico com fechamento hermético e armazenados em temperatura ambiente, a 22°C, para avaliar a vida de prateleira. Esta avaliação foi realizada em relação a firmeza e atividade de água (a_w), nos tempos zero, 7 e 14 dias, sendo após descartados os produtos em função dos sinais de aparecimento de alterações fungicas.

Firmeza dos pães: A firmeza foi analisada nos pães elaborados, previamente cortados com um fatiador elétrico, em fatias de 1,25 cm de espessura cada (foram utilizadas as fatias do meio), através da metodologia descrita no método 74-09 da AACCC (19). Utilizou-se um texturômetro TA-XT2 Inglaterra, com uma *probe* cilíndrica de alumínio designada P/36R (com raio de 36 mm) e com os seguintes parâmetros: velocidade pré-teste = 1,0 mm.s⁻¹; velocidade de teste = 1,7 mm.s⁻¹; velocidade de pós-teste = 10,0 mm.s⁻¹ e força de compressão de 40%.

Atividade de água (a_w): determinada em duplicata, pela trituração de amostra de fatias de pão sem casca e a leitura realizada por meio do emprego do aparelho marca Texto, modelo 650, Alemanha, na temperatura de 22 ± 2 °C.

Análise sensorial

Realizada utilizando o método afetivo de aceitabilidade e o emprego de escala hedônica estruturada escrita. Foram convidados a participar 41 julgadores não treinados, com idade acima de 18 anos, sendo estes funcionários, alunos e visitantes do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA) da Universidade de Passo Fundo (UPF). Os avaliadores foram selecionados de acordo com a vontade em participar de forma voluntária, com base no interesse, disponibilidade de horário e de avaliar os produtos nos dias marcados para o teste sensorial. Inicialmente foram explicados os objetivos do estudo e forma de participação e após concordância foi entregue o TCLE para assinatura, entregue um questionário para conhecer o grau de escolaridade, idade e hábitos de fumo, consumo de café e consumo de pão de forma, sendo posteriormente realizado o teste. A avaliação da aceitação foi realizada com o emprego de escala hedônica estruturada verbal de 9 pontos: 1 = desgostei muitíssimo a 9 = gostei muitíssimo, sendo entregue para cada avaliador uma amostra codificada, uma ficha de avaliação, uma caneta e um copo de água. Para a intenção de compra foi utilizada a escala hedônica estruturada verbal de 5 pontos: 1 = certamente eu não compraria a 5 = certamente eu

compraria (20). Cada julgador recebeu 1 fatia de amostra codificada de cada formulação de pão e 1 copo de água por vez. A avaliação foi realizada em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial, duas horas após a elaboração dos pães de forma.

Aspectos éticos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade de Passo Fundo, parecer nº 289.680 de 31 de maio de 2013.

Análise estatística

A significância dos dados foi testada pela análise de variância (Anova) a 0,05 de probabilidade de erro e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 95% de intervalo de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos pães

Os produtos foram elaborados, com utilização dos mesmos ingredientes e metodologia, e a modificação realizada em relação ao NaCl adicionado. Utilizou-se para o padrão 2,0% de NaCl, e as demais formulações com 1,0%, sendo os substitutos o KCl com 1,0%, LS com 0,5% e especiarias 1,0%, nestas utilizou-se alho, salsa e orégano desidratados, por serem estes consumidos frequentemente pela população em diferentes alimentos ou preparações. Na Tabela 2 encontram-se os resultados referentes ao escore de pontos das formulações do estudo.

A determinação do volume específico foi realizada uma hora após o cozimento dos pães, com quatro repetições e os resultados expressos em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$. O volume específico representa, com bastante precisão, a variação de volume dos pães elaborados nos diferentes tratamentos, sendo que está diretamente relacionado a qualidade do pão elaborado. De acordo com Storck (21) esta avaliação permite verificar a capacidade da farinha de reter o gás no interior da massa e conseqüentemente proporcionar o crescimento dos pães, sendo que os consumidores associam o volume a possíveis problemas durante o processamento. O NaCl é responsável pelo controle da fermentação, o que pode justificar a diferença do volume

específico entre o padrão e a utilização de substitutos, sendo que nestes a redução foi de até 50%.

Tabela 2 - Escore de pontos dos pães de forma elaborados com modificações na concentração de NaCl.

	2% NaCl	1% NaCl 1% KCl	1% NaCl 0,5% LS	1% NaCl 1% AEC
Volume específico (cm ³ -g ⁻¹)	17,7±(0,1) ^b	18,7±(0,1) ^a	18,8±(0,1) ^a	14,9±(0,1) ^c
Características externas	19,5±(0,4) ^a	18,4±(0,5) ^b	19,0±(0,5) ^{ab}	12,8±(0,5) ^c
Características internas	33,8±(1,5) ^a	33,2±(0,5) ^a	33,5±(1,7) ^a	25,5±(1,0) ^b
Aroma e sabor	25,0±(0,0) ^a	19,8±(1,0) ^b	23,8±(1,0) ^a	24,0±(0,8) ^a
Escore de pontos	96,0±(1,7) ^a	90,1±(1,0) ^b	95,1±(3,3) ^a	77,1±(1,0) ^c

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o desvio padrão da média.

A substituição parcial por KCl e LS não afetou o volume específico dos pães elaborados, no entanto percebeu-se uma redução significativa ($p < 0,05$) deste no pão com substituição por especiarias, caracterizado como textura mais firme e prejuízo na capacidade de retenção de gás na fermentação, o que pode estar diretamente associado à diluição do glúten e enfraquecimento de sua estrutura. A utilização de glúten, agentes oxidantes, alguns emulsificantes e enzimas melhoram a retenção dos gases, e, conseqüentemente, o volume de pães, o que pode minimizar o efeito de substitutos em produtos de panificação (22)

Nas características externas, houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todas as formulações, comparados ao padrão. Nestas características estão a cor da crosta, quebra e simetria dos pães. Nas características internas não houve diferenças entre o padrão (2% de sal) e as formulações com KCl e LS. Na formulação com substituição parcial por especiarias percebeu-se pontuações inferiores nas características internas e externas, sendo que este, de acordo com a avaliação de El-Dash (18) pode ser caracterizado como um pão sem uniformidade, com quebra áspera e desigual e laterais e parte superior externa desigual. A crosta apresentou-se dura e quebradiça, com buracos fechados e textura compacta do miolo.

Os atributos aroma e sabor são fatores determinantes para o consumidor, na hora de escolher o produto. Para esta categoria, a maior pontuação foi para o padrão e os pães com substituição por LS e especiarias, no entanto o pão com KCl teve uma pontuação inferior,

diferindo dos demais ($p < 0,05$), fato que pode ser justificado pelo gosto amargo atribuído ao cloreto de potássio.

No escore de pontos houve variação significativa, com a substituição do NaCl, com pontuação classificada como excelente para o padrão e a substituição parcial por LS, pontuação acima de 94. Os pães de forma com substituição por KCl e AEC ficaram classificados como bom e ruim, com pontuação de 90,1 e 77,1 respectivamente (18)

Os parâmetros de cor foram avaliados nos pães após a sua elaboração, sendo os resultados apresentados na Tabela 3. Os valores de L^* , que indicam a luminosidade da amostra na faixa de 100 (branco) a 0 (negro), para a crosta diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. Segundo Purlis (23), pães com luminosidade em torno de 70 apresentam boa aceitação sensorial. Entretanto, valores abaixo de 60 resultam em escurecimento excessivo e acima de 78, em coloração muito clara, indicativa de cozimento insuficiente. Seguindo estes critérios, as formulações padrão e com KCl apresentaram coloração adequada e os pães com LS e especiarias apresentaram valores menores, com escurecimento mais acentuado, o que para o pão com especiarias justifica-se pela coloração mais escura dos ingredientes utilizados. Para a luminosidade do miolo, os valores variaram entre 64,8 e 79,3. Nabeshima et al. (24) verificaram que pães com valores de luminosidade entre 70 e 77, apresentam boa aceitação sensorial.

Tabela 3 - Parâmetros de cor do miolo e cor da crosta dos pães de forma elaborados com modificações na concentração de NaCl

	2% NaCl	1% NaCl 1% KCl	1% NaCl 0,5% LS	1% NaCl 1% AEC
L^* CROSTA	63,2±(0,1) ^b	64,5±(0,1) ^a	57,4±(0,1) ^c	55,8±(0,0) ^d
a^* CROSTA	10,6±(0,0) ^b	10,1±(0,0) ^c	11,9±(0,1) ^a	8,1±(0,1) ^d
b^* CROSTA	34,8±(0,0) ^a	34,7±(0,1) ^a	35,0±(0,4) ^a	31,7±(0,1) ^b
L^* MIOLO	75,4±(0,5) ^c	78,6±(0,2) ^b	79,3±(0,0) ^a	64,8±(0,1) ^d
a^* MIOLO	-1,7±(0,0) ^a	-1,8±(0,0) ^a	-1,8±(0,0) ^a	-1,7±(0,1) ^a
b^* MIOLO	16,3±(0,0) ^c	15,3±(0,0) ^d	16,9±(0,1) ^b	21,3±(0,0) ^a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o desvio padrão da média.

A coordenada a^* , que indica a variação de verde ($-a^*$) a vermelho ($+a^*$), é um parâmetro importante para o estudo de escurecimento, sendo que este é representado por um

tom mais avermelhado, ou seja, maior valor de a^* . Nas formulações avaliadas, os valores de a^* foram inferiores para o pão com especiarias, não indicando um escurecimento acentuado nesta categoria. Para a coordenada b^* , relacionada ao eixo que varia de azul ($-b^*$) a amarelo ($+b^*$), os pães elaborados apresentaram valores entre 31,7 e 35 para a crosta, e 15,3 e 21,3 para o miolo, mantendo maior intensidade para a coloração amarela.

Vida de prateleira dos pães de forma

A avaliação da textura e da atividade de água foi realizada em diferentes tempos, com o objetivo de avaliar a vida de prateleira dos pães com diferentes concentrações de NaCl. Os valores de firmeza dos pães aumentaram com o tempo de armazenamento (Tabela 4), o que é aceitável, pois, com o decorrer do tempo ocorre o fenômeno de retrogradação nos pães de forma. Pode-se concluir que o tempo de armazenamento influenciou negativamente na firmeza dos pães. A retrogradação está associada diretamente com o processo de envelhecimento dos pães. A utilização de emulsificantes reduz a velocidade da retrogradação do amido, o que beneficia a manutenção da maciez dos pães durante a estocagem (25).

Tabela 4 - Avaliação da vida de prateleira dos pães de forma elaborados com modificações na concentração de NaCl.

Característica	Tempo	2% NaCl	1% NaCl 1% KCl	1% NaCl 0,5% LS	1% NaCl 1% ESPEC
Firmeza	0	97,6±(10,4) ^a	123,5±(3,3) ^b	95,6±(1,2) ^a	178,7±(5,7) ^d
	7	586,8±(37,4) ^a	638,0±(21,7) ^{ab}	653,7±(20,7) ^b	808,6±(16,3) ^c
	14	841,3±(14,2) ^b	974,2±(3,1) ^c	742,9±(11,4) ^a	1482,7±(28,0) ^d
a_w	0	0,96±(0,0) ^b	0,95±(0,0) ^a	0,95±(0,0) ^a	0,96±(0,0) ^b
	7	0,93±(0,0) ^a	0,94±(0,0) ^a	0,94±(0,0) ^a	0,93±(0,0) ^a
	14	0,94±(0,0) ^b	0,92±(0,0) ^a	0,93±(0,0) ^{ab}	0,94±(0,0) ^b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o desvio padrão da média.

A análise dos resultados aponta para valores mais baixos de firmeza para o pão de forma padrão e com substituição por Low Salt, indicando maior maciez, diferindo significativamente ($p < 0,05$) das demais formulações. Assim como o sabor, a firmeza é um importante indicador de qualidade de um alimento. A firmeza de pães de forma é a mais

evidente característica de textura observada pelos consumidores, influenciando no julgamento da aceitabilidade do produto (26). O aumento da dureza está diretamente relacionado a diminuição do NaCl adicionado, fato observado em estudos (27,28), confirmado nesta pesquisa, em que a formulação com KCl apresentou valores mais elevados de firmeza, comparado ao padrão, o que também sugere que altas concentrações de cloreto de potássio podem afetar a firmeza dos pães.

A utilização do sal na indústria alimentar além de baixo custo possui propriedades variadas, dentre as quais o efeito conservante e antimicrobiano devido a capacidade do NaCl em reduzir a atividade da água (a_w) (4). O pão de forma é um produto com alta atividade de água, ou seja, possui muita água livre disponível para o crescimento microbiano e para as reações químicas de deterioração do produto, fato que justifica a baixa vida-de-prateleira, pois está susceptível, principalmente, a crescimentos de bolores e leveduras em sua superfície. Nos estudos de Salovaara (8) pães elaborados sem sal tiveram prazo de 4 dias até o aparecimento do mofo, e com 2% de sal na farinha a vida útil foi de 7 dias. Em suas pesquisas foram encontrados valores de a_w de 0,97 em pães com adição de 1% de sal e 0,96 com adição de 1,6% de sal.

Os resultados apresentados na Tabela 4 comprovam esse fato, onde todas as amostras apresentaram valores de a_w superiores a 0,900, com diferenças entre os pães de forma elaborados no tempo 0, sendo que o mesmo não foi observado no tempo 7, no entanto no tempo 14 o pão com KCl apresentou o menor valor de a_w , diferindo das demais formulações ($p < 0,05$). Esta diferença não é considerada relevante no produto final, considerando que a grandeza dos valores apresentados acaba colocando todos os pães dentro de uma faixa crítica de estabilidade. Os resultados deste estudo apontam pequenas mudanças nos valores de a_w nos dias de armazenamento e entre as diferentes formulações, variando entre 0,96 e 0,92, valores semelhantes aos estudos de Pająk, et al (29) de 0,95 no dia do cozimento para 0,94 após 5 dias de armazenamento.

Avaliação Sensorial

Para a avaliação sensorial participaram 41 avaliadores não treinados, que após autorização através do TCLE, preencheram um questionário sobre nível de escolaridade, tabagismo, consumo de café e de pão de forma e a participação em pesquisa (Tabela 5). O grupo participante constitui-se predominantemente do sexo feminino, solteiros, com idades

entre 18 e 30 anos, estudantes de graduação, consumidores de pão de forma e sem participação em pesquisa sobre panificação.

Tabela 5 - Características dos avaliadores participantes da avaliação sensorial.

Variável	Categoria	N	%
Sexo	Masculino	2	4,9
	Feminino	39	95,1
Idade	18 a 20 anos	23	56,1
	21 a 30 anos	17	41,5
	31 a 40 anos	1	2,4
Estado civil	Solteiro	38	92,7
	Casado	2	4,9
	Separado/divorciado	1	2,4
Escolaridade	Ensino médio completo	1	2,4
	Graduação incompleta	38	92,7
	Graduação completa	1	2,4
	Pós-graduação incompleta	1	2,4
Tabagismo	Sim	1	2,4
	Não	40	97,6
Consumo café	Sim	23	56,1
	Não	18	43,9
Consumo pão de forma	Sim	38	92,7
	Não	3	7,3
Participação em pesquisa sobre pão	Frequentemente	1	2,4
	Uma vez	2	4,9
	Nunca	38	92,7

Na avaliação sensorial foi utilizada a escala verbal de 9 pontos, sendo os extremos 1 = desgostei muitíssimo e 9 = gostei muitíssimo. Para a intenção de compra a escala utilizada foi de 5 pontos, sendo 1 = certamente eu não compraria a 5 = certamente eu compraria, de acordo Ferreira et al (20). Os resultados referentes a avaliação estão apresentados na Tabela 6.

O pão de forma com substituição por LS teve aceitação semelhante ao padrão. A redução do sal não afetou as características sensoriais das formulações com substituição por

KCl, no entanto na substituição por AEC, por ter afetado as características gerais do pão diferiu significativamente ($p < 0,05$) das demais formulações. No atributo cor do pão, o pão com especiarias obteve pontuação inferior aos demais e para o atributo sabor, o pão com KCl apresentou-se similar ao pão com especiarias, estes diferindo significativamente do padrão e da formulação com LS. O sabor é um quesito muito apreciado em um alimento e a textura pode ser o principal fator para rejeitá-lo.

A redução de NaCl não afetou significativamente a avaliação dos pães em relação a cor, textura e impressão global, no entanto para o quesito sabor houve diferença ($p < 0,05$) e esta pode ter influenciado a impressão global e conseqüentemente a intenção de compra. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Ignácio et al. (30), em que no quesito sabor as avaliações negativas foram proporcionais a redução de NaCl. Apesar das diferenças todas as formulações apresentaram avaliação sensorial com resultados satisfatórios, o que indica bom potencial para o produto.

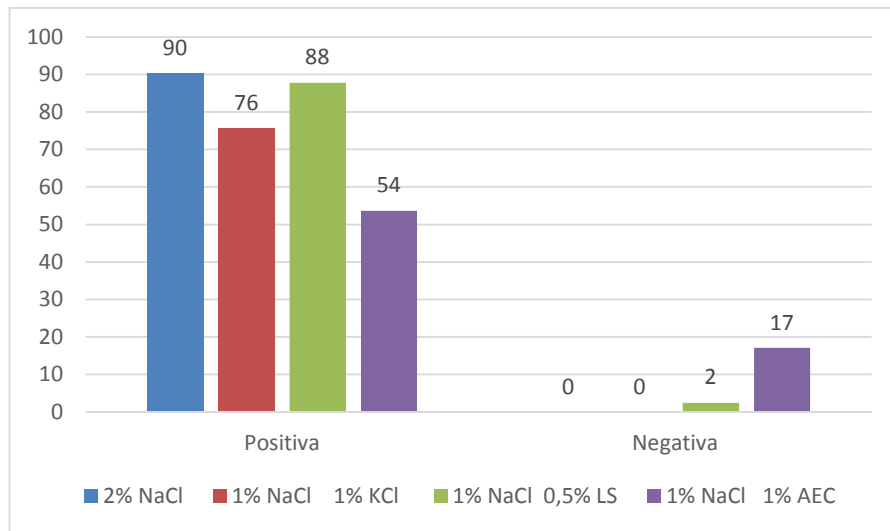
Tabela 6 - Avaliação sensorial com 41 provadores não treinados para os pães de forma elaborados com concentração padrão de NaCl e substitutos.

Atributo	2% NaCl	1% NaCl 1% KCl	1% NaCl 0,5% LS	1% NaCl 1% AEC
Cor	8,4±(1,2) ^a	7,9±(0,9) ^a	8,4±(0,7) ^a	7,1±(1,7) ^b
Sabor	8,0±(1,5) ^{ab}	7,6±(1,0) ^{ab}	8,3±(0,8) ^a	7,6±(1,7) ^b
Textura	8,2±(1,3) ^a	8,0±(0,8) ^{ab}	8,4±(0,7) ^a	7,4±(1,4) ^b
Impressão global	8,0±(1,3) ^a	7,9±(0,7) ^a	8,3±(0,7) ^a	7,0±(1,8) ^b
Intensão de compra	4,0±(0,8) ^a	3,9±(0,7) ^{ab}	4,3±(0,6) ^a	3,6±(1,1) ^b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o desvio padrão da média.

Na Figura 1 está apresentado o resultado do percentual de provadores com intenção de compra positiva e negativa das 4 formulações elaboradas. A formulação padrão obteve a maior intenção de compra positiva, seguida da formulação com LS, enquanto que a formulação com especiarias, mesmo tendo o maior valor de rejeição, apresentou intenção de compra positiva acima de 50%. Não foram consideradas as manifestações de dúvida em relação a compra.

Figura 1 – Intenção de compra positiva (certamente eu compraria e provavelmente eu compraria) e negativa (provavelmente eu não compraria e certamente eu não compraria) para as formulações elaboradas.



CONCLUSÕES

A utilização de substituto para redução de sódio é uma alternativa viável. A substituição de 1% do NaCl por Low Salt mostrou ser adequada ao paladar dos provadores, não diferindo do padrão nos atributos avaliados. Destaca-se ainda que, na formulação com 1,0% de cloreto de sódio e 0,5% de Low Salt, viável tecnológica e aceitável sensorialmente, foi possível uma redução de 37% de NaCl adicionado em relação à formulação padrão, o que demonstra também um perfil nutricional adequado para atender às atuais necessidades e aos desejos dos consumidores.

Apesar de promover uma diminuição ($p < 0,05$) da qualidade tecnológica dos pães de forma (cor, volume e firmeza), a incorporação de até 1 % de especiarias foi promissora para comercialização, pela sua aceitação, intenção de compra e aspectos nutricionais, considerando que este apresenta 50% de adição de NaCl na massa. Novas pesquisas deverão ser realizadas para adequar a formulação deste pão de forma, de forma que se torne viável tecnologicamente com aceitação pelos consumidores.

REFERÊNCIAS

1. IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: avaliação nutricional da disponibilidade domiciliar de alimentos Brasil. Rio de Janeiro. 2010; 54.
2. World Health Organization. WHO Forum on Reducing Salt Intake in Populations. Reducing salt intake in populations: report of a WHO forum and technical meeting, Paris, 2006; October: 5-7.
3. Sarno F, Claro RM, Levy RB, Bandoni DH, Ferreira SRG, Monteiro CA. Estimativa de consumo de sódio pela população brasileira. *Revista de Saúde Pública*, 2009; 43(2): 219-225.
4. Albarracin W, Sanchez IC, Grau R, Barat JM Salt in food processing; usage and reduction: a review. *Internacional Journal of Food Science and Technology*. 2011; 46:1329-36.
5. Quilez J, Salvado JS. Salt in bread in Europe: potential benefits of reduction *Nutrition Reviews* 2012; 70(11).
6. Geleijnse JM, witteman JC, stijnen T, kloos MW, hofman A, grobbee DE. Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: the Rotterdam study. *European Journal of Epidemiology*, Dordrecht, 2007; Nov, 22(11): 763-70.
7. Kimura M, Lu X, Skurnick J, Awad G, Bogden J, Kemp F, et al. Potassium chloride supplementation diminishes platelet reactivity in humans. *Hypertension*, Philadelphia, 2004; Dec.44 (6): 969-73.
8. Salovaara H. Technologies of salt reduction in bread: issues, problems and solutions. Seminar: Salt in Bread. Brussels. 2009; Oct. 21.
9. Brasil. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 90, de 18 de outubro de 2000. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. Brasília, DF.
10. Desmond, E. Reducing salt: a challenge for the meat industry. *Meat Science*, Oxford, 2006; Sept. 74(1):188-96.
11. Russunen M, Puolanne E. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, Oxford, 2005; July.70(3): 531-41.
12. Cruz AG, Faria JAF, Pollonio MAR, Bolini HMA, Celeghini RMS, Granato D, et al. Cheeses with reduced sodium content: effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science Technology*, London, 2011; June. 22(6): 276-91.

13. Flatcher A. Selako salt replacer targets health-conscious consumers. 2005. News Ingredients. Disponível em: <<http://www.foodnavigator.com>>. Acesso em: 1 junho 2014.
14. Salovaara H. Effect of partial sodium chloride replacement by other salts on wheat dough rheology in breadmaking. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 1982; 59(5): 422-6.
15. Bedin C, Gutkoski SB, Wiest JM. Atividade antimicrobiana das especiarias. *Higiene Alimentar*, 1999;.13(65): 26- 9.
16. Tabela brasileira de composição de alimentos TACO / NEPA – UNICAMP. - 4. ed. rev. e ampliada. Campinas: NEPAUNICAMP, 2011.161 p.
17. Gutkoski LC, Jacobson Neto R. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2002; 32(5): 873-9.
18. El-Dash AA Standardized mixing and fermentation procedures for experiments baking test. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 1978;.55(336):436-46.
19. AACC (Approved methods of the American Association of Cereal Chemists). 10th Edition Methods St Paul, MN, USA (2000).
20. Ferreira VLP, Almeida TCA. Pettinelli MLC. Silva MAAP. Chaves JBP. Barbosa EM Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. Manual: série qualidade. Campinas, SBCTA, 2000. 127p
21. Storck CR. Pereira JM, Pereira GW, Rodrigues AO, Gularte MA, Dias ARG. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. *Braz. J. Food Technol* 2009; Janeiro: II SSA.
22. Gandra KM, Del Bianchi M, Godoy VP, Queiroz FPC, Steel CJ . Aplicação de lipase e monoglicerídeo em pão de forma enriquecido com fibras. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* Campinas, 2008; jan.-mar. 28(1): 182-92.
23. Purlis E. Bread baking: technological considerations based on process modeling and simulation. *Journal of Food Engineering*, Amsterdam, 2011; 103(1): 92-102.
24. Nabeshima EH, Ormenese RCSC, Montenegro FM, Toda E, Sadahira MS. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* Campinas, 2005; jul.-set. 25(3): 506-11.
25. Cichello MSF, Pavanelli AP, Palma EJ, Andrade MA. Alternativas de emulsificantes para a qualidade de massas alimentícias. In: SEMINÁRIO MASSAS FRESCAS E SEMIPRONTAS, 1, 2000, Campinas. Anais... Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos: 37-48

26. Cauvain SP, Young L. The ICC handbook of cereals, flour, dough & product testing. Pennsylvania: DEStech Publications, Inc. Lancaster, 2009
27. Lynch EJ, Bello FD, Sheehan EM, Cashman KD, Arendt EK. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. Food Research International, Toronto, 2009; 42: 885-91.
28. Beck M, Jekle M, Becker T. Impact of sodium chloride on wheat flour dough for yeast-leavened products. II. Baking quality parameters and their relationship. J Sci Food Agric 2012; 92: 299-306.
29. Pająk P, Habryka C, Fortuna T. Changes in the physical properties of bread during storage. Potravinarstvo, 2012; 6(2): 42-45.
30. Ignácio AKF, Rodrigues JTD, Niizu PY, Chang YK. Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês. Braz. J. Food Technol. Campinas, 2013; jan./mar.16 (1): 1-11.

5. CAPÍTULO 3

Validação de metodologia para análise de sódio e potássio em pão de forma
Validation methodology for sodium and potassium analysis in pan bread

(Artigo em preparação para submissão para o periódico Food Chemistry)

RESUMO

O pão é um alimento consumido diariamente pela população brasileira, sendo que contribui com o fornecimento de sódio. As metas propostas para redução de sódio em pão no Brasil se referem ao teor máximo para 522 mg por 100 g de pão em 2014. Para a determinação de sódio em panificação diversas metodologias tem sido utilizadas, no entanto são muitas vezes dispendiosas e onerosas. A Espectroscopia de Emissão em Chama (FES) é um método simples, de baixo custo e amplamente utilizado. Para a digestão da amostra, os diferentes métodos utilizados devem ser adequados e necessitam de validação para demonstrar confiabilidade e adequação na finalidade pretendida. Este trabalho objetivou validar metodologia para determinação de sódio em FES e avaliar o teor de sódio e potássio em pão de forma desenvolvido com substituição parcial do cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl), Low Salt (LS) e especiarias (AEC). O estudo foi realizado nos laboratórios Físico-Química do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA), e Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF). Para a determinação de sódio e potássio, as amostras de pão de forma e farinha de trigo certificada foram mineralizadas com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, sendo a leitura em FES. Os parâmetros de validação utilizados foram: precisão, tendência/recuperação, sensibilidade, linearidade, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ). Os resultados da validação da metodologia apresentaram como linearidade coeficiente de correlação de 0,9984 para o sódio e 0,9965 para o potássio. Os limites de detecção e de quantificação foram de 0,152 e 0,48 para o sódio e 0,133 e 0,42 para o potássio. A repetibilidade foi avaliada utilizando material de referência certificado (MRC) para potássio, e os valores encontrados foram de 0,825 pela equação de HorRat. A precisão utilizando MRC apresentou coeficiente de variação para o potássio de 3,48. A precisão com base na recuperação do material foi de 98,4%. A precisão também foi avaliada pela determinação dos minerais nas amostras de pão de forma sendo os resultados do coeficiente de variação (CV) entre 2,27 e 3,23% e entre 1,53 e 2,05% para o sódio e o potássio, respectivamente. Para todas as variáveis o CV foi menor que 5%. Os teores de sódio nos pães de forma variaram em mg 100 g⁻¹, entre 725 (padrão) e 366 e para o potássio de 674 (com KCl) e 150 (padrão), sendo estes proporcionais ao teor de NaCl e KCl adicionados nas formulações. Os resultados da validação mostraram que o método escolhido é eficiente e preciso para determinação de sódio e potássio através da técnica de Fotometria de Emissão em Chama (FES) nas matrizes estudadas.

Palavras-chave: propriedades químicas, minerais, validação, fotômetro de emissão em chama

ABSTRACT

The bread is a food consumed daily by the Brazilian population, and contributes to the supply of sodium. The targets proposed to the reduction of sodium in bread in Brazil refer to the maximum 522 mg per 100 g of bread in 2014. For the determination of sodium in baking different methodologies have been used, but they are often costly and expensive. For digestion of the sample, the different method used should be appropriate and needs to be validated to demonstrate reliability and suitability for the intended purpose. The Emission Spectroscopy in Chama (FES) is a simple method, with low cost and widely used. This study aimed to validate the methodology for determination of sodium in FES and evaluate the content of sodium and potassium in pan bread developed with partial replacement of sodium chloride (NaCl) by potassium chloride (KCl), Low Salt (LS) and spices (AEC). The study was conducted in the laboratories of Physical Chemistry Research Center in Food (CEPA), and Soil Laboratory of the School of Agronomy and Veterinary Medicine (FAMV), of the University of Passo Fundo (UPF). For the determination of sodium and potassium, the samples of pan bread and certificated wheat flour have been mineralized with nitric acid and hydrogen peroxide, and the readings in FES. The validation parameters used were : accuracy, trend / recovery, sensitivity, linearity, limit of detection (LD) and limit of quantification (LQ). The results of the validation of the methodology showed as linear correlation coefficient 0.9984 to sodium and 0.9965 to potassium. The limits of detection and quantification were 0.152 and and 0.48 to sodium and 0.133 and 0.42 to potassium. The repeatability was evaluated using certified reference materials (CRMs) to potassium, and the values were 0.825 for the HorRat equation. The accuracy using MRC variation coefficient of 3.48 for potassium. The accuracy based on the recovery was 98.4%. The limits of detection and quantification were 0.152 and and 0.48 to sodium and 0.133 and 0.42 to potassium. The repeatability was evaluated using certified reference materials (CRMs) to potassium, and the values were 0.825 for the HorRat equation. The accuracy using MRC variation coefficient of 3.48 for potassium. The accuracy based on the recovery was 98.4%. The precision also was evaluated for the determination of minerals in the samples of pan bread and the results of Coefficient of Variation (CV) between 2.27 and 3.23 and between 1.53% and 2.05% for sodium and potassium, respectively. For all variables, the CV was less than 5%. The sodium in pan bread ranged from 725 (default) and 366 mg 100 g⁻¹ and 674 for potassium (KCl) and 150 mg 100 g⁻¹ (default), which are proportional to the content of NaCl and KCl added in the formulations. The validation results showed that the chosen method is efficient and accurate for the determination of sodium and potassium through the technique of Photometry Emission in Flame (FES) in the matrices that had been studied.

Key words: chemical proprieties, mineral, validation, emission flame photometer

INTRODUÇÃO

O aumento da pressão arterial na população mundial é o principal fator de risco de morte e o segundo de incapacidade por doença cardíaca, acidente vascular cerebral e insuficiência renal. De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), quanto maior o consumo de sal maior é a pressão arterial do indivíduo. A recomendação para o consumo de sal feita pela OMS é de menos de 5g/dia/pessoa, no entanto para a maioria dos países, este consumo é maior, podendo chegar ao dobro da recomendação máxima diária (1).

A partir das Pesquisas de Orçamentos Familiares (POF) de 2002 - 03 e 2008 - 09, estima-se uma ingestão média de sódio de 4700 mg por pessoa ao dia (equivalentes a quase 12 g de sal). Além disso, análises do consumo alimentar pessoal mostraram que mais de 70% da população brasileira consumiam sódio em excesso (mais que 2 000 mg ao dia) e que mais de 90% dos adultos e adolescentes de 14 a 18 anos de idade nas áreas urbanas ultrapassam esse limite diário (2).

Os cereais e seus derivados, incluindo os pães fornecem cerca de 40% da quantidade média de sódio individual ingerida por dia (3). De acordo com os resultados da POF 2002-2003, considerando a participação das categorias de alimentos, o pão contribuiu com 25,2% do consumo de sódio (4). Estudo realizado com população idosa no Brasil, apresentou como resultado um consumo diário de sódio a partir da ingestão de pão de 27,5%, representando uma considerável contribuição para esta população (5). Atualmente, os teores máximos de sódio para pão de forma industrializado no Brasil são de 796 mg por 100 g do produto. As metas propostas pelo setor para redução de sódio em pão se referem ao teor máximo admitido para 522 mg sódio por 100 g de pão até 2014 (4).

As informações sobre o conteúdo de minerais em alimentos de uma forma geral, e em especial o sódio em panificação, poderão auxiliar no estudo da variabilidade do teor de sódio nestes alimentos e estabelecer os seus limites máximos. Desta forma, torna-se necessário um plano de amostragem representativo, e um método de análise adequado em termos de precisão e exatidão (6). Para a análise, diferentes formas de mineralização das amostras tem sido utilizadas. Por proporcionar a digestão completa da matéria orgânica, o ácido nítrico, utilizado de forma isolada ou combinada a outros ácidos e agentes oxidantes tais como o peróxido de hidrogênio, é amplamente empregado para determinação da concentração de metais. Este processo é denominado digestão por via úmida, e converte a amostra orgânica a dióxido de carbono e água (7).

Para quantificação de produtos químicos em alimentos, a Fotometria de Emissão em Chama (FES) é um método amplamente utilizado para determinação de sódio, pela simplicidade operacional (6) e tem como vantagem o baixo custo quando comparado a outros métodos espectrométricos e o bom desempenho analítico, com boa exatidão, precisão e limites de detecção satisfatórios (7). Além disso, o método proporciona a determinação direta de sódio (8). A FES é uma técnica de medida da concentração de um determinado produto químico, alcalino e alcalino terroso, quando este é introduzido em uma chama na forma de aerossol. A chama é uma forma de excitação dos átomos, que produz espectros característicos através do aparecimento de bandas oriundas da excitação de óxidos. Devido à simplicidade da formação dos espectros através da chama, o próprio princípio de fotometria de chama facilita a construção de instrumentos com aplicação de métodos nas análises quantitativas (9).

Para obter a confiabilidade dos resultados, o método utilizado deve atender as exigências das aplicações analíticas, desta forma a validação dos procedimentos tem por objetivo demonstrar que o método utilizado é apropriado para a finalidade pretendida, através de estudos experimentais (10). A validação no laboratório consiste na realização das etapas dentro de um único laboratório, utilizada para validar um método novo que tenha sido desenvolvido localmente ou para verificar que um método adotado de outras fontes está bem aplicado. Pode ser utilizado nas etapas preliminares do desenvolvimento de uma metodologia e na sua publicação, sendo esta preliminar a avaliação completa (11). Os parâmetros a serem avaliados para validar um método analítico utilizando FES para metais como sódio e potássio são: precisão, recuperação, robustez, linearidade, limite de detecção e limite de quantificação (12).

Rebellato e Lima-Pallone (13) realizaram validação de metodologia para determinação de ferro em biscoitos, utilizando a digestão por via úmida com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, utilizando espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS) e o método utilizado mostrou-se adequado para os parâmetros de validação. Vieira et al., (14). realizaram validação de metodologia para determinação de sódio, utilizando dissolução direta em água e cinzas seca, verificaram que o método proposto, com coeficiente de correlação de 0,991, limite de detecção e quantificação de 0,2 e 0,66 respectivamente, indicou precisão e sensibilidade, sendo adequado para determinação de sódio.

Considerando a necessidade de validar o método utilizado para determinação de sódio e potássio, o objetivo deste estudo foi de realizar validação de metodologia e a quantificação do teor de sódio (Na) e potássio (K) em pão de forma, baseada na digestão da amostra por via úmida e leitura em FES.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA), onde foram desenvolvidos os pães de forma com utilização de substitutos de NaCl. A determinação de sódio e potássio nos produtos elaborados foi realizada nos laboratórios de Cereais e Físico-química do Centro de Pesquisa em Alimentação - CEPA e laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV

Reagentes e soluções

Para a avaliação utilizou-se ácido nítrico ENSURE[®] e peróxido de hidrogênio Synth de grau analítico. Os reagentes utilizados foram padrão de cloreto de sódio PA, 1000 mg g⁻¹, marca Vetec, lote DCBB1364, teor de pureza de 100%, cloreto de potássio PA, 1000 mg g⁻¹, marca Synth, lote n° 154061, teor de pureza 99,1%, e material de referência certificado (MRC) para potássio (K) por European Reference Materials ERM[®] de farinha de trigo BC382. Para o preparo das soluções utilizou-se água purificada em sistema de purificação por osmose reversa 10 LX CG 200, Brasil.

Equipamentos e vidrarias

As leituras foram realizadas em Fotômetro de Emissão em Chama (FES), marca Ajmicronal modelo B462, (Brasil) para quantificação de sódio e potássio. Um bloco micro digestor marca FOSS Tecator, modelo 2006, Dinamarca, foi utilizado para a mineralização das amostras.

Pipetas automáticas de volumes variados foram utilizadas para o preparo da curva analítica. Tubos de vidro de 25 cm de comprimento por 2 cm de diâmetro interno e 2 mm de espessura foram utilizados na decomposição dos compostos orgânicos para determinação do sódio e potássio. Demais vidrarias como balões volumétricos, pipetas graduadas e volumétricas frascos plásticos e de vidro, béquers e erlenmeyers foram utilizados no preparo das amostras.

Limpeza das vidrarias

Para evitar contaminação, todas as vidrarias utilizadas foram lavadas com detergente neutro, enxaguadas em água corrente até completa eliminação da espuma e após foram submersas em banho de ácido nítrico a 10%, por 12 horas. Após foram enxaguadas pelo menos três vezes em água purificada pelo sistema Milli-Q e secadas em estufa, mantidas cobertas até a hora da utilização.

Amostras

Os pães de forma foram elaboradas para esta pesquisa de acordo com Gutkoski & Jacobsen Neto (15), sendo utilizados farinha de trigo (100%), e os demais ingredientes em percentuais, conforme especificado nas Tabelas 1 e 2 e a água a 4°C, adicionada de acordo com a absorção no promilógrafo. O trabalho foi realizado em 2 fases, sendo a primeira fase com uma formulação padrão com NaCl e as demais com níveis de substituição de NaCl por Low Salt (LS) em diferentes concentrações (Tabela 1).

Tabela 1 - Ingredientes utilizados nas formulações de pão de forma expressos em percentuais com base na farinha de trigo, utilizando o padrão com 2% de cloreto de sódio (NaCl) e as substituições com Low Salt (LS).

Ingredientes (%)	Formulações				
	2% NaCl 0% LS	1% NaCl 1% LS	1% NaCl 0,5% LS	1% NaCl 0,25% LS	0% NaCl 1% LS
Farinha de trigo	100	100	100	100	100
Água	58	58	58	58	58
Açúcar	5	5	5	5	5
Gordura vegetal	3	3	3	3	3
Ácido ascórbico	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fermento biológico úmido	3	3	3	3	3
NaCl	2	1	1	1	0
LS	0	1	0,5	0,25	1

Na segunda fase utilizou-se a melhor formulação de LS da primeira fase e os demais substitutos: cloreto de potássio (KCl) e especiarias (AEC), conforme indicação na Tabela 2. As amostras de pão de forma foram cortadas em fatias e após colocadas em estufa a $\pm 105^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para secagem e após trituradas em processador.

Tabela 2 - Ingredientes utilizados nas formulações de pão de forma expressos em percentuais com base na farinha de trigo, utilizando o padrão com 2% de cloreto de sódio (NaCl) e as substituições, com cloreto de potássio, (KCl), especiarias (AEC) e Low Salt (LS).

Ingredientes (%)	Formulações			
	2% NaCl	1% NaCl 1% KCl	1% NaCl 1% AEC	1% NaCl 0,5% LS
Farinha de trigo	100	100	100	100
Água	58	58	58	58
Açúcar	5	5	5	5
Gordura Vegetal	3	3	3	3
Ácido ascórbico	0,01	0,01	0,01	0,01
Fermento biológico úmido	3	3	3	3
NaCl	2	1	1	1
KCl	0	1	0	0
AEC	0	0	1	0
LS	0	0	0	0,5

Mineralização das amostras

A mineralização das amostras foi realizada de acordo com método proposto para determinação de ferro por Rebellato e Lima-Pallone (13), com adaptações. Foram pesados 0,20 g de cada amostra de pão de forma e colocados em tubo de digestão. Foram preparados tubos “brancos”, sem amostra. Adicionou-se 4 mL de ácido nítrico e 1 mL de peróxido de hidrogênio e após foram colocadas em bloco digestor para início do aquecimento. Os tubos foram aquecidos a 120°C e mantidos nesta temperatura durante 2 horas até a completa digestão da amostra. Após o resfriamento adicionou-se aproximadamente 5 mL de água purificada aos tubos de digestão, e o conteúdo transferido para balões volumétricos de 50 mL, sendo o volume completado com água purificada pelo sistema Milli-Q. As amostras foram armazenadas em frascos plásticos para determinação de sódio e potássio. A leitura de Na e K

nas amostras de pão de forma com substituição parcial de NaCl foi realizada com uso do Fotômetro de Emissão em Chama (FES).

Curvas analíticas

Foram construídas curvas de calibração para a obtenção de equações que correlacionam os resultados obtidos com a concentração em $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de NaCl e KCl. As curvas foram realizadas com sete pontos nas concentrações de 0,0, 0,1, 0,3, 0,5, 0,75, 1,0, 1,5 e 2,0 $\mu\text{g/mL}$. Os sais de NaCl e KCl utilizados nas curvas de calibração foram secos em estufa a $\pm 105^\circ\text{C}$ por 3 horas, para retirada total da umidade e após foram preparadas as soluções com água purificada nas concentrações indicadas para a curva, colocadas em tubo de digestão e adicionadas de ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, nas mesmas concentrações das amostras para mineralização.

Validação dos métodos analíticos

A validação do método foi realizada de acordo com as recomendações do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), conforme a “Orientação sobre Validação de Métodos Analíticos” (12). e da Resolução 899 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (10).

Para a determinação do teor de Na e K por FES, o tipo de ensaio é considerado como análise de elementos menores ou traço, utilizado para concentrações menores, de 0,01 a 1%. Para estes, os parâmetros de validação recomendados pelo INMETRO (BRASIL, 2011) são: precisão, seletividade, tendência/recuperação, sensibilidade, linearidade, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ).

Inicialmente foi realizada a avaliação da sensibilidade e linearidade por padronização externa, e da precisão e exatidão do método proposto utilizando material de referência certificado (MRC) (farinha de trigo- ERM[®]-BC382).

A linearidade é obtida por padronização interna ou externa, e formulada como expressão matemática usada para o cálculo da concentração do analito a ser determinado na amostra real, sendo esta $y = ax + b$. Na metodologia utilizada y representa a absorbância, x equivale a concentração, b é a intersecção com o eixo y e a é a inclinação da curva analítica e representa a sensibilidade do método. Para avaliação deste parâmetro, foram construídas

curvas analíticas (padrão externo), com sete níveis de concentração, em 5 replicatas. A faixa de trabalho selecionada ficou dentro da aplicação do ensaio.

A precisão foi avaliada em condições de repetibilidade, a partir das análises das amostras de farinha de trigo certificadas e das amostras de pão de forma. A partir dos resultados foi calculado o desvio padrão da amostra (s) e a repetibilidade foi expressa pelo coeficiente de variação (CV) expresso em percentual. Outra forma de avaliar a precisão foi através da estimativa do desvio padrão relativo (RSD), também conhecido como CV, através deste os valores do MRC foram comparados com a equação de HorRat (16), expressa na equação 1:

Equação 1

$$\text{HorRat} = \text{RSD encontrado}_g / \text{RSD esperado}_g$$

A precisão intermediária foi avaliada realizando as análises no mesmo laboratório, mesmo equipamento e analista em dias diferentes, as determinações foram realizadas em três dias diferentes, com oito repetições independentes. A precisão intermediária foi avaliada pela análise da variância (ANOVA), de fator único, com 95% de nível de confiança.

A tendência foi avaliada pelo uso do MRC, expressa como recuperação analítica e é definida de acordo com o INMETRO (12) pela equação 2:

Equação 2

$$\text{Recuperação (\%)} = \text{valor observado} \times 100 / \text{valor esperado}.$$

Esta avaliação foi realizada utilizando MRC, farinha de trigo, para determinação do teor de potássio, em sete replicatas, sendo o valor medido comparado com o valor certificado.

O limite de detecção (LD) é definido como a menor concentração do analito presente na amostra que pode ser detectado, porém não necessariamente quantificado, sob as condições experimentais estabelecidas. Neste estudo o LD foi calculado através da estimativa do desvio padrão do branco, de acordo com Ribani et al. (11), a partir de dez leituras do branco da amostra. O valor foi calculado através da equação 3:

Equação 3

$$\text{LD} = 3,3 \times s/S$$

s = estimativa do desvio padrão de resposta

S = coeficiente angular da curva analítica.

O limite de quantificação (LQ) corresponde ao padrão de calibração de menor concentração, excluindo o branco, que pode ser determinado com precisão e exatidão aceitáveis nas condições experimentais estabelecidas. O LQ foi calculado também através da estimativa do desvio padrão do branco descrito por Ribani et al. (11), baseado em parâmetros da curva analítica utilizada para o LD, de acordo com a equação 4:

Equação 4

$$LQ = 10 \times s/S$$

s = estimativa do desvio padrão de resposta

S = coeficiente angular da curva analítica.

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foram avaliados formulações de diferentes concentrações de NaCl e LS, sendo um tratamento controle (Padrão), na primeira fase, e, definido a melhor formulação com LS, foram formulados pães de forma na segunda fase, com utilização do padrão (2,0%) de NaCl e nas substituições com 1,0% de NaCl e combinações com cloreto de potássio (KCl), Low Salt (LS) e Especiarias (AEC) resultando em 9 tratamentos. A significância dos dados foi testada pela análise de variância (Anova) a 0,05 de probabilidade de erro e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 95% de intervalo de confiança. O processamento de dados e análise estatística foram realizados com o uso do programa estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 15.0. 2006.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da linearidade e sensibilidade através de padronização externa

Foram construídas curvas de calibração para obter a faixa linear do trabalho, relacionando a absorbância medida com a concentração de Na e K presentes nas concentrações estabelecidas. A curva foi construída utilizando sete pontos, com cinco repetições independentes, sendo que as concentrações utilizadas foram: 0,0; 0,1; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 mg L⁻¹ de Na e K. De acordo com os valores médios encontrados nas avaliações foram elaboradas as curvas de calibração de sódio e potássio, que estão apresentadas nas Figuras 1 e 2.

O valor encontrado pela porcentagem de variação da curva para o sódio ($R^2 = 99,84\%$) e para o potássio ($R^2 = 99,65$) mostrou que de acordo com Anvisa e INMETRO (10;12), a faixa linear escolhida para o trabalho é adequada para avaliar o teor de sódio e potássio das amostras.

Figura 1 - Curva de calibração para determinação da faixa linear de trabalho e equação para determinação do teor de sódio em pão de forma

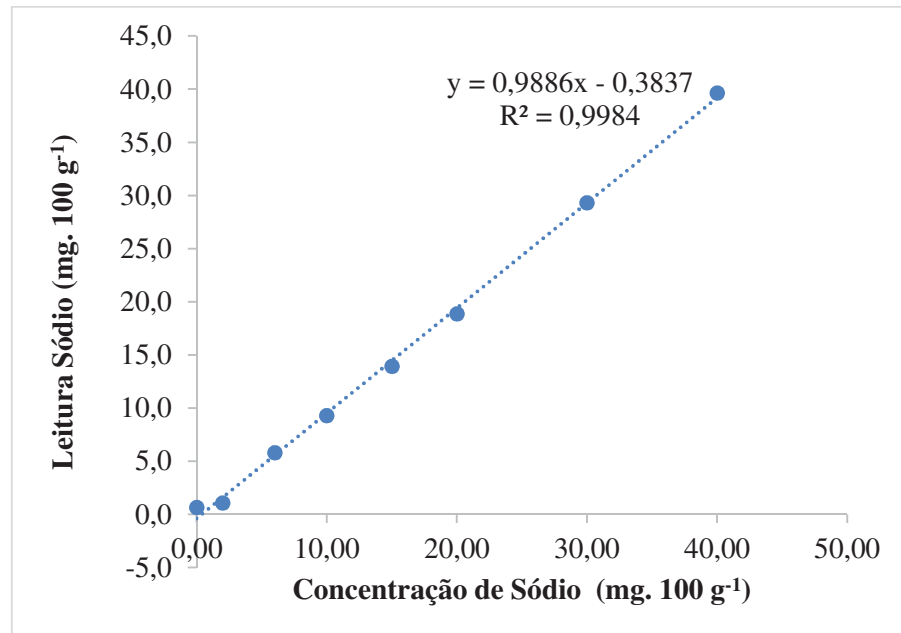
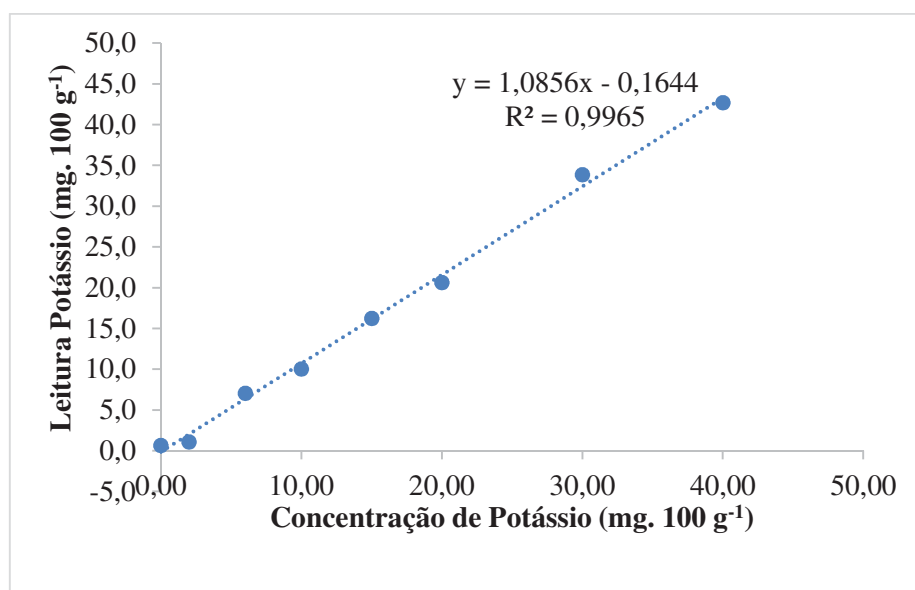


Figura 2 - Curva de calibração para determinação da faixa linear de trabalho e equação para determinação do teor de potássio em pão de forma.



Repetitividade, precisão e recuperação utilizando MRC farinha de trigo- ERM[®]-BC382

As amostras de farinha de trigo certificada para potássio foram mineralizadas de acordo com o método utilizado para a digestão das amostras de pão de forma, utilizando 1 g da amostra, 8 mL de ácido nítrico e 2 mL de peróxido de hidrogênio, seguindo a digestão conforme o método proposto, com oito repetições independentes, para verificar a repetitividade e a precisão. Os resultados desta avaliação estão apresentados na Tabela 3.

O resultado da avaliação apresentou valor médio de 1,86 $\mu\text{g g}^{-1}$ e o coeficiente de variação (CV) de 3,48. De acordo com AOAC (16) em condições de repetibilidade, valores entre 0,5-2,0, calculados pela equação de HorRat são considerados satisfatórios. Desta forma, o valor calculado pela equação é de 0,825, estando dentro da faixa recomendada, sendo que o procedimento de mineralização das amostras está adequado para quantificação de potássio nas condições do equipamento de fotometria de chama utilizado.

Para avaliação da precisão, o valor médio encontrado em 8 repetições da amostra de farinha de trigo, foi igual a $1,85 \pm 0,065 \mu\text{g g}^{-1}$. O valor do material certificado é de $1,88 \pm 0,08 \text{ mg g}^{-1}$, desta forma o valor medido encontra-se dentro do intervalo de confiança do valor esperado.

Tabela 3 - Teor de Potássio nas amostras de farinha de trigo (BC 382)

Amostra	Teor de Potássio (mg g^{-1})
1	1,91
2	1,92
3	1,95
4	1,81
5	1,85
6	1,84
7	1,78
8	1,78
Média	1,85
Estimativa do Desvio padrão (s)	0,065
Coeficiente de Variação (%)	3,48

Na avaliação da precisão com base na recuperação, obteve-se 98,4 % de recuperação de potássio presente no MRC. A indicação da ANVISA (10) é de que os valores de recuperação sejam próximos a 100%, desta forma o resultado obtido indicou que o procedimento utilizado para quantificação de minerais está adequado.

Precisão, limite de detecção e limite de quantificação para determinação de minerais em pão de forma por Fotometria de Emissão em Chama

A precisão do método foi avaliada em condições de repetibilidade e de precisão intermediária pela análise de oito repetições independentes nas amostras com diferentes concentrações de NaCl e de KCl. O fator de variação foi a realização das avaliações em três dias diferentes. Os resultados obtidos estão na Tabela 4.

Os valores médios obtidos para os coeficientes de variação (CV) nas amostras foram entre 2,27 e 3,23% e entre 1,53 e 2,05% para o Na e o K, respectivamente. Para todas as variáveis o CV foi menor que 5%, o que, de acordo com o INMETRO (12), indica que o método utilizado para mineralização das amostras está adequado para determinação de Na e K em pão de forma, por FES, dentro das condições estabelecidas.

Tabela 4 - Valores de precisão, precisão intermediária, limite de detecção e limite de quantificação de sódio e potássio em pão de forma.

Amostra	Precisão $\mu\text{g g}^{-1}$		CV %	
	Na	K	Na	K
Precisão intra-dia (n=8)				
2% NaCl	725,31	150,63	2,27	1,77
1% NaCl + 1% KCl	375,63	674,06	2,66	1,61
1% NaCl + 0,5% LS	451,25	229,38	3,23	2,05
1% NaCl + 1% EAE	366,56	175,00	3,03	1,53
Precisão inter dias (3 dias)				
2% NaCl	723,47	150,42	2,39	0,12
1% NaCl + 1% KCl	374,72	673,47	2,61	1,00
1% NaCl + 0,5% LS	449,58	229,31	3,59	0,56
1% NaCl + 1% AEC	365,56	174,72	3,24	0,60
Limite de detecção (LD)	Na	$0,152 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$	K	$0,133 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$
Limite de quantificação (LQ)	Na	$0,483 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$	K	$0,421 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$

CV: coeficiente de variação

O limite de detecção (LD) representa a menor concentração da substância em análise que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada quando utilizado em um experimento. O limite de quantificação (LQ) representa a menor concentração da substância em análise que pode ser medida em um experimento (12). Os LD e LQ foram calculados a partir da média da leitura do branco da amostra, com dez repetições de acordo com Ribani et al. (11), sendo os resultados apresentados na Tabela 4. Os menores valores que podem ser detectados são para o Na e K de 0,152 e 0,133 mg.100g⁻¹ respectivamente, enquanto que os menores valores a serem quantificados ficaram em 0,48 e 0,42 mg.100g⁻¹ para os minerais.

Quantificação de sódio e potássio em pão de forma

Após a realização da validação do método analítico para determinação de sódio e potássio, foram realizadas as avaliações do conteúdo de sódio e potássio nos pães de forma elaborados para esta pesquisa. Na Tabela 5 estão apresentados os valores que expressam a média de 8 repetições da avaliação de pão de forma na primeira fase do estudo.

Tabela 5 - Teores de sódio e potássio (expressos em mg 100 g⁻¹) em pão de forma com diferentes combinações de cloreto de sódio (NaCl) e Low Salt (LS).

Amostra	Sódio	CV (%)	Potássio	CV (%)
2% NaCl	725,3±(16,4) ^e	2,3	150,6±(1,8) ^d	1,2
1% NaCl e 1% LS	559,7±(14,7) ^d	2,6	335,9±(16,5) ^a	4,9
0% NaCl e 1% LS	194,4±(5,1) ^a	2,6	329,4±(4,2) ^a	1,3
1% NaCl e 0,5% LS	451,2±(14,6) ^c	3,2	229,4±(4,7) ^b	2,1
1% NaCl e 0,25% LS	424,4±(8,0) ^b	1,9	192,2±(1,6) ^c	0,8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o desvio padrão da média. CV: coeficiente de variação.

O substituto utilizado na elaboração de pão de forma conferiu uma redução significativa nos teores de sódio, com valores entre 194 e 559 mg em 100 g⁻¹, comparado ao padrão com 725 mg em 100 g⁻¹. A concentração de potássio aumentou a medida em que foram reduzidas as quantidades de NaCl adicionado ao pão, fato que está relacionado ao teor de potássio do substituto, não se observando diferença estatística entre as duas formulações com 1,0% de LS.

Os resultados encontrados para as amostras de pão de forma são proporcionais as concentrações de NaCl e KCl adicionadas as formulações, o que indica que o método utilizado para determinação dos minerais está adequado.

Após definição da melhor concentração de LS a partir dos resultados do escore de pontos, foram elaborados pães de forma utilizando 2,0% de NaCl, este o padrão, e as demais formulações contendo 1,0% de NaCl e emprego de substitutos, sendo o Low Salt (LS) com 0,5%, o cloreto de potássio (KCl) com 1,0%, especiarias (AEC), nestas foram utilizados o alho, orégano e a salsa desidratados, na concentração de 1,0% distribuídos em quantidades iguais, totalizando 4 formulações.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados da determinação de sódio dos pães elaborados com substitutos do NaCl. Todas as formulações apresentaram redução de sódio, quando comparados ao padrão, sendo que nas amostras com KCl e AEC os valores são menores e não apresentaram diferença significativa entre eles, diferindo entretanto das demais ($p < 0,05$). O pão com KCl apresentou 375 mg/100 g⁻¹ de sódio, resultado semelhante ao encontrado para esta mesma formulação por Ignácio et al. (17), que obteve valores médios de 353 mg/100 g⁻¹. O conteúdo de sódio está diretamente relacionado ao teor de NaCl adicionado a farinha na elaboração de pães. A formulação com 0,5% de LS apresentou valores menores para o sódio, comparado ao padrão com diferença significativa deste ($p < 0,05$).

Tabela 6 - Teores de sódio e potássio (expressos em mg 100 g⁻¹) em pão de forma com diferentes combinações de NaCl, KCl, LS e especiarias (AEC).

Amostra	Sódio		Potássio	
	Valor médio	CV (%)	Valor médio	CV (%)
2% NaCl	725,3±(16,4) ^c	2,3	150,6±(1,8) ^d	1,2
1% NaCl e 1% KCl	375,6±(10,0) ^a	2,6	674,1±(10,8) ^a	1,6
1% NaCl e 0,5% LS	451,2±(14,6) ^b	3,2	229,4±(4,7) ^b	2,1
1% NaCl e 1% AEC	366,6±(11,1) ^a	3,0	175,0±(2,7) ^c	1,5

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o desvio padrão da média. CV: coeficiente de variação

Diversas pesquisas tem evidenciado que diferentes concentrações dos teores de sódio em pães comerciais apresentam variações, sendo o NaCl utilizado para atender a preferencias do consumidor. Pães provenientes de supermercados e padarias avaliados apresentaram

valores entre 416 e 655 mg, demonstrando grande variação na concentração de NaCl. Com estes resultados é possível verificar que algumas amostras atendem a legislação em relação a redução de sódio para valores inferiores a 500 mg/100 g⁻¹, e que a redução é uma alternativa com aceitação por parte do consumidor (14; 6; 18).

Os valores para o potássio apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em todas as amostras, obtendo-se o menor valor para o padrão. As especiarias utilizadas são fontes de potássio, o que justifica o valor encontrado nesta amostra. Os pães com KCl e LS obtiveram maiores valores, sendo maior para o pão com KCl, pela adição deste mineral na formulação. No estudo de Ignácio et al. (17), os valores para o potássio para esta formulação foram inferiores aos encontrados neste estudo (549 mg/100 g⁻¹). Na elaboração de pão, o KCl têm propriedades semelhantes ao NaCl, desta forma o aumento na concentração deste mineral nos produtos pode trazer benefícios a saúde considerando que a ingestão deficiente de potássio também tem sido associada ao desenvolvimento de hipertensão e doenças cardiovasculares (19;20).

A utilização de metodologia simples, com menor custo e tempo para análise de sódio é uma alternativa importante para que a indústria de alimentos possa se adequar a legislação. Neste estudo a metodologia utilizada para digestão da amostra por via úmida, utilizando ácido nítrico e peróxido de hidrogênio demonstrou ser uma forma prática e rápida para as análises, sendo realizada em curto espaço de tempo, com menor quantidade de reagentes e consequente redução de custo. A validação de metodologia para análise de sódio em pão, utilizando dissolução da amostra em água e leitura em fotômetro de chama, tem sido realizada, com resultados precisos, significativa redução de tempo, menor custo de fácil aplicação (14;6).

CONCLUSÕES

A digestão em base úmida, utilizando ácido nítrico e peróxido de hidrogênio pode ser utilizada para análises de rotina na determinação de sódio e potássio em pão de forma, pela exatidão e precisão do método. O método validado apresenta baixo custo, simplicidade e execução em curto período de tempo sendo indicado na quantificação do teor de sódio em pão, pelos órgãos reguladores visando avaliar as recomendações legais.

O Low Salt pode ser utilizado em concentração de 0,5%, o que reduz em 38% do conteúdo de sódio em pão de forma, sendo que esta proporção atende as recomendações da legislação para redução de sódio, sem comprometer as características reológicas e funcionais do pão. Neste produto, uma porção 100 g de pão de forma apresenta 451,2 mg de sódio, valor

inferior ao preconizado pela ANVISA (522 mg). Além disto obteve-se um aumento da concentração de potássio em 50%, sendo estes fatores positivos para redução das Doenças Cardiovasculares.

REFERÊNCIAS

1. Organização Pan Americana de Saúde (OPAS). Recomendações para as políticas públicas nacionais: Prevenção das doenças cardiovasculares nas Américas através da redução do consumo de sal para a população. Disponível em: www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task. Acesso em 30 de maio de 2014.
2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008 - 2009 - Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. IBGE; 2011.
3. Food Standards Agency (2003). Salt and Health. Disponível em - http://www.sacn.gov.uk/pdfs/sacn_salt_final.pdf. Acesso em: 01/03/13
4. Brasil. Ministério da Saúde MS. Plano de redução do sódio em alimentos processados Disponível em: <http://www.sindipan.org.br/portal/verNoticia.php?id=611>. Acesso em 07/11/2012a.
5. Jorge RI, Santos A. Análise do aporte de sódio sob a forma de pão, numa população idosa institucionalizada. *Alimentação Humana* · 2013; 19(2)
6. Castanheira I, Figueiredo C, André C, Coelho I, Silva AT, Santiago S et al. Sampling of bread for added sodium as determined by flame photometry. *Food Chemistry*, 2009; 113: 621-8.
7. Skoog DA, West DM, Holler FJ, Crouch SR. Fundamentos de química analítica. Thomson, 2006.
8. Chen M, Hsieh Y, Weng Y, Chiou R. Flame photometric determination of salinity in processed foods. *Food Chemistry*, 2005; 91(4): 765-70.
9. EMBRAPA, Recomendação Técnica nº 7. Cuidados básicos com Fotômetro De Chama. 1997.
10. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); Resolução RE nº 899, de 29/05/2003. Guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos. 2003.
11. Ribani M, Bottoli CBG, Collins CH, Jardim ICSF, Melo LFC. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Quim. Nova*, 2004; 27(5) 771-80.
12. Brasil. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO); Orientações sobre Validação de Métodos Analíticos. DOQ-CGCRE-008. Revisão 04 – Jul. 2011

13. Rebellato AP, Lima-Pallone JA. Biscoitos elaborados com farinhas de trigo fortificadas com ferro: teor do mineral e qualidade físico-química. [Dissertação]. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos; 2012.
14. Vieira E, Soares EM, Ferreira IMPLVO, Pinho O. Validation of a Fast Sample Preparation Procedure for Quantification of Sodium in Bread by Flame Photometry. *Food Anal. Methods*, 2012; 5: 430-4.
15. Gutkoski LC, Jacobson Neto R. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2002; 32(5): 873-9.
16. AOAC Official Methods Of Analysis. 2012; 19th Ed.
17. Ignácio AKF, Rodrigues JTD, Niizu PY, Chang YK. Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês. *Braz. J. Food Technol. Campinas*, 2013; jan./mar.16 (1): 1-11.
18. Vieira E, Oliveira BMPM, Pinho O. Estudo do teor de sódio em pão consumido no Porto. *Alimentação Humana*, 2007; 3(13).
19. Geleijnse JM, Witteman JC, Stijnen T, Kloos MW, Hofman A, Grobbee DE. Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: the Rotterdam study. *European Journal of Epidemiology*, Dordrecht, 2007; Nov 22(11): 763–70.
20. Kimura M, Lu X, Skurnick J, Awad G, Bogden J, Kemp F, et al. Potassium chloride supplementation diminishes platelet reactivity in humans. *Hypertension*, Philadelphia, 2004; Dec.44 (6): 969–73.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pão é uma fonte de sódio na alimentação e sua redução é necessária para adequação das recomendações em relação a redução do consumo deste mineral. Os problemas tecnológicos podem ser minimizados com utilização de substitutos, no entanto a redução deve ser feita de forma gradual, visto que a sensação gustativa pelo sal pode ser adaptado com diminuição dos níveis de sal adicionado aos alimentos.

Salienta-se a necessidade de melhoria na rotulagem nutricional em relação ao sódio, com indicação mais clara das quantidades de sódio na porção e em 100 g do alimento, com destaque para os alimentos considerados ricos em sódio em função de sua concentração em 100 g do produto.

A substituição por especiarias, por apresentar 50% de conteúdo de sódio, comparado ao padrão, podendo ser mais uma alternativa viável, principalmente para indivíduos hipertensos, desta forma novas pesquisas deverão ser realizadas para adequar a formulação deste pão de forma, de forma que se torne viável tecnologicamente com aceitação pelos consumidores.

A preocupação dos consumidores relacionada aos efeitos prejudiciais à saúde, associada ao consumo excessivo de sódio, exigirá das indústrias alimentícias continua redução do uso de sal nos alimentos, pois além de prover palatabilidade, o NaCl é responsável por diversas propriedades funcionais. A busca de alternativas para redução do uso de NaCl, sem prejuízo para a qualidade sensorial dos produtos, constitui desafio a ser enfrentado pela indústria, visando manter a aceitação e o consumo dos produtos de panificação.

7. REFERÊNCIAS

1. Whitney E, Rolfes Sr. *Nutrição*, vol. 1: entendendo os nutrientes. São Paulo, Cengage Learning, 2008, 448p.
2. Sociedade Brasileira de Cardiologia / Sociedade Brasileira de Hipertensão / Sociedade Brasileira de Nefrologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(1): 1-51.
3. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Guia de boas práticas nutricionais. Disponível em: portal.anvisa.gov.br/.../... . Acesso em: 20/10/2012b
4. Food Standards Agency (2003). Salt and Health. Disponível em - http://www.sacn.gov.uk/pdfs/sacn_salt_final.pdf. Acesso em: 01/03/13
5. Cauvain S, Young LS *Fabricación de pan*. Zaragoza: Acribia, 2002, 419p.
6. Brasil. Ministério da Saúde MS. Plano de redução do sódio em alimentos processados Disponível em: <http://www.abia.org.br/anexos>. Acesso em 07/11/2012
7. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Informe Técnico nº 50 de 2012. Teor de sódio dos alimentos processados. *Brasília, DF, 2012c. Disponível em:* portal.anvisa.gov.br/.../INFORME+TÉCNICO+2012-+OUTUBRO.pdf. Acesso em:18/11/2102
8. Brasil. Ministério da Saúde. Acordo entre governo e indústria retira toneladas de sódio de alimentos, 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2014/08/acordo-entre-governo-e-industria-retira-toneladas-de-sodio-de-alimentos>. Acesso em 20/08/2014.
9. Quilez J, Salvado JS. Salt in bread in Europe: potential benefits of reduction *Nutrition Reviews* 2012; 70(11).
10. Vieira E, Soares EM, Ferreira IMPLVO, Pinho O. Validation of a Fast Sample Preparation Procedure for Quantification of Sodium in Bread by Flame Photometry. *Food Anal. Methods*, 2012; 5: 430-4.
11. Castanheira I, Figueiredo C, André C, Coelho I, Silva AT, Santiago S et al. Sampling of bread for added sodium as determined by flame photometry. *Food Chemistry*, 2009; 113: 621-8
12. Chen M, Hsieh Y, Weng Y, Chiou R. Flame photometric determination of salinity in processed foods. *Food Chemistry*, 2005; 91(4): 765-70
13. Ribani M, Bottoli CBG, Collins CH, Jardim ICSF, Melo LFC. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Quim. Nova*, 2004; 27(5) 771-80.
14. Skoog DA, West DM, Holler FJ, Crouch SR. *Fundamentos de química analítica*. Thomson, 2006

15. Pacheco, M. Tabela de equivalentes, medidas caseiras e composição química dos alimentos. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Rúbio, 2006, 655p.
16. Brasil. Resolução RDC ANVISA/MS nº 28, de 28 de março de 2000. Regulamento Técnico de Procedimentos Básicos de Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos beneficiadores de Sal destinados ao consumo humano. Brasília, DF, (DOU 30/03/2000) 2000.
17. Albarracin W, Sanchez IC, Grau R, Barat JM Salt in food processing; usage and reduction: a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2011; 46:1329–36.
18. Durack E, Alonso-Gomez M, Wilkinson M. Salt: A Review of its Role in Food Science and Public Health. *Current Nutrition & Food Science*, 2008; 4(4): 290-7.
19. Liem DG, Miremadi F, Keast RSJ. Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. *Nutrients*, 2011; 3: 694-711.
20. Cobb LK, Appel LJ, Anderson CAM. Strategies to Reduce Dietary Sodium Intake. *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine* 2012; 14: 425–34.
21. Associação Brasileira da Indústria da Panificação e Confeitaria – ABIP. Performance do setor de panificação e confeitaria brasileiro em 2011. Disponível em: http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=199. Acesso em; 01/03/2013
22. Hosney RC. *Princípios de Ciência y Tecnologia de los Cereales*. Zaragoza: ACRI Bia, 1991, 321p.
23. Associação Brasileira da Indústria do Trigo – ABITRIGO. Participação dos Derivados no Mercado de Farinhas - 2012. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/pdf/PART-MERCADO-FARINHA-DERIVADOS-2012.pdf>. Acesso em 02/03/2013.
24. Goesaert H, BRIJS K, Veraverbeke WS, Courtin CM, Gebruers K, Delcour JA. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 2005; 16(3): 12–30.
25. Gutkoski LC, Jacobson Neto R. Procedimento para teste laboratorial de panificação– pão tipo forma. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2002; 32(5): 873-9.
26. Gutkoski LC, Durigon A, Mazzutti S, Silva ACT, Elias MC. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 2008; 28(4): 888-94.
27. Gutkoski LC, Klein B, Pagnussatt FA, Pedó I. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 2007; 31(3): 786-92.
28. Oliver JR, Allen HM. The prediction of hacad performance using the farinograph and estensograph. *Journal of Cereal Science*, 1992; 15(2): 79-89.

29. Carvalho Junior A. Interpretação dos resultados de análises de farinha de trigo e consequências em sua utilização. Núcleo de desenvolvimento e tecnologia, Granotec, 1999.
30. Cauvain SP, Young L. The ICC handbook of cereals, flour, dough & product testing. Pennsylvania: DEStech Publications, Inc. Lancaster, 2009
31. Nakagawa H, Miura K. Salt reduction in a population for the prevention of hypertension. *Environmental Health and Preventive Medicine* 2004; jul. 9: 123–9.
32. Bolhuis D, Temme EHM, Koeman FT, Noort MWJ, Kremer S, Janssen AM. Salt Reduction of 50% in Bread Does Not Decrease Bread Consumption or Increase Sodium Intake by the Choice of Sandwich Fillings. *The Journal of Nutrition*, 2011: Nov, 141,2249–55.
33. Silva MEMP, Yonamine GH, Mitsui L. Desenvolvimento e Avaliação de Pão Francês Caseiro sem Sal. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2003; jul./dez. 6 (2): 229-36.
34. Ignácio AKF, Rodrigues JTD, Niizu PY, Chang YK. Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês. *Braz. J. Food Technol. Campinas*, 2013; jan./mar, 16(1): 1-11
35. Bedin C, Gutkoski SB, Wiest JM. Atividade antimicrobiana das especiarias. *Higiene Alimentar*, 1999;.13(65): 26- 9
36. Oliveira A, Villa R, Antunes K, Magalhães A, Silva E. Determination of sodium in biodiesel by flame atomic emission spectrometry using dry decomposition for the sample preparation. 2009; 88(4): 764-6.

ANEXO 1 – Escore de pontos. Avaliação da qualidade de pães.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PÃES	
	Máximo
I. Características Externas	
1. Volume (volume específico x 3,33)	20
2. Cor da crosta (fatores indesejáveis: não uniforme, opaco, muito escura)	10
3. Quebra (Fatores indesejáveis: muito pequena, áspera, desigual)	5
4. Simetria (Fatores indesejáveis: laterais, pontas e parte superior desiguais)	5
SUBTOTAL	40
II. Características Internas	
1. Característica da Crosta (Fatores indesejáveis: borrachenta, quebradiça, dura, muito grossa, muito fina)	5
2. Cor do Miolo (fatores indesejáveis: cinza, opaca, desigual, escura)	10
3. Estrutura da Célula do Miolo (fatores indesejáveis: falta de uniformidade, buracos muito abertos ou fechados)	10
4. Textura do Miolo (fatores indesejáveis: falta de uniformidade, áspera, compacta, seca)	10
SUBTOTAL	35
III. Aroma e Gosto	
1. Aroma (fatores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, estranho, muito fraco ou forte)	10
2. Gosto (fatores indesejáveis: ácido, estranho, goma, massa, gosto remanescente)	15
SUBTOTAL	25
CONTAGEM TOTAL	100

Metodologia proposta por El-Dash, 1978.