



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

THAISA ABRANTES DA SILVA SOUZA

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CLORETO DE SÓDIO POR CLORETO DE
POTÁSSIO: INFLUÊNCIA SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PÃO
FRANCÊS

JOÃO PESSOA - PB

2014

THAISA ABRANTES DA SILVA SOUZA

**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CLORETO DE SÓDIO POR CLORETO DE
POTÁSSIO: INFLUÊNCIA SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PÃO
FRANCÊS**

JOÃO PESSOA - PB

2014

THAISA ABRANTES DA SILVA SOUZA

**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CLORETO DE SÓDIO POR CLORETO DE
POTÁSSIO: INFLUÊNCIA SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PÃO
FRANCÊS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Targino Moreira

JOÃO PESSOA - PB

2014

THAISA ABRANTES DA SILVA SOUZA

**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CLORETO DE SÓDIO POR CLORETO DE
POTÁSSIO: INFLUÊNCIA SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PÃO
FRANCÊS**

Dissertação APROVADA em 27/ 02/ 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Targino Moreira

Prof. Dr. Flavio Luiz Honorato da Silva

Prof^a. Dra. Maria Elita Martins Duarte

A Deus, presença constante em meu caminho.

Aos meus Pais Felix e Eliane, pelo amor, educação e valores que me

tornaram a pessoa que sou hoje.

A Rennan, meu marido, amigo e companheiro, pelo carinho, apoio e incentivo.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e à Maria Santíssima por estarem sempre à frente dos meus caminhos, pelas bênçãos derramadas diariamente em minha vida, pelo conforto nos momentos difíceis, apontando sempre os melhores caminhos, não me fazendo desistir.

Aos meus pais, Felix e Eliane, pelo apoio, dedicação, cuidado, amor, incentivo e ensinamentos para que nada faltasse em todo meu caminho de vida.

A todos os meus familiares, irmãos, sobrinhos, primos e tios por acreditarem em mim e estarem sempre me motivando. Especialmente à minha avó e madrinha Lúcia.

Ao meu esposo Rennan pelo amor, carinho, companheirismo, paciência e atenção e por me dar forças quando mais precisei.

Ao Professor Dr. Ricardo Targino Moreira pela orientação, confiança e amizade. Por todo o incentivo e ensinamentos prestados durante o trabalho

À banca examinadora: Professora Dra. Maria Elita Martins Duarte e Professor Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva pela disponibilidade e pelas preciosas sugestões.

Aos participantes de todas as etapas da análise sensorial, aos meus bolsistas Anatalha e Nayara, por toda a ajuda, troca de conhecimentos, tempo e amizade.

A todos os meus amigos de Graduação e Pós-graduação, que me acompanham na vida acadêmica e na vida pessoal. Um agradecimento especial a Jéssica e Bruno, pela amizade de sempre.

Aos técnicos que fazem parte dos laboratórios do programa, em especial a Katharina Kardineli, obrigada pela amizade, aprendizado e toda colaboração à pesquisa.

Aos Professores Dra. Maria Elita e Dr. Mário Eduardo que permitiram a execução das análises de textura e composição mineral nos Laboratórios de Armazenamento e Processamento da UFCG.

Ao Professor Dr. Flávio Honorato por ter me ajudado com a estatística e a Eduardo Matos pela execução da análise de componentes principais e disponibilidade.

À empresa Bonfim na pessoa do Sr. Noberto pelo fornecimento de toda matéria-prima e do espaço para o desenvolvimento da pesquisa. E a todos os funcionários, em especial a Beto e Livia por me ajudar na elaboração dos pães.

À empresa Plury pelo fornecimento do Cloreto de Potássio.

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de formação e crescimento. A secretária Lindalva pela atenção e dedicação.

A CAPES, pelo incentivo financeiro, pelo apoio a educação e a ciência.

Aos que me ajudaram de qualquer forma, minha gratidão, pois de seu apoio nasceu o sonho concretizado e a certeza de que o meu esforço valeu a pena.

*” O sucesso nasce do querer, da
determinação e persistência em se
chegar a um objetivo. Mesmo não
atingindo o alvo, quem busca e vence
obstáculos no mínimo fará coisas
admiráveis ”.*

José de Alencar

SOUZA, T. A. S. **Substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio: Influência sobre os parâmetros de qualidade do pão francês**. 2014. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

RESUMO

Há uma tendência mundial de redução de sódio nos alimentos industrializados, em função da sua relação com o aumento da pressão arterial. Na medida em que o pão tipo francês é um dos alimentos que mais contribuem para a ingestão de sódio pela população brasileira, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a substituição do cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl) neste produto, como forma de atender a essa tendência, avaliando-se os efeitos destes sobre as suas características físicas, físico-químicas e sensoriais. Foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 , com 4 pontos fatoriais e 3 pontos centrais, totalizando 7 experimentos, cujas variáveis independentes foram o cloreto de sódio (0,4 a 1,6%) e cloreto de potássio (0,2 a 0,8%). As respostas físicas e físico-químicas foram: Umidade, pH, acidez, volume específico, cor (L^* , a^* , b^*) e o perfil de textura (firmeza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade). As respostas sensoriais foram: cor da casca, pureza da cor da superfície, abertura da pestana, cor do miolo, estrutura do miolo, aroma fermentado, sabor salgado, residual amargo, crocância da casca, maciez do miolo, mastigabilidade e umidade. As análises foram conduzidas com 14 julgadores treinados através da metodologia fundamentada na Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). Foi avaliado também os teores de sódio e potássio presentes nas formulações. Apenas as respostas sabor salgado e mastigabilidade sensorial geraram modelos estatisticamente significativos, para as demais não foi possível estabelecer modelos significativos, este resultado indica que, apesar das variações nas concentrações de cloreto de sódio e cloreto de potássio, estas não influenciaram nas características descritas, obtendo-se um produto uniforme para os tratamentos estudados. O cloreto de potássio provocou maior efeito na variável mastigabilidade sensorial; a faixa otimizada para a utilização deste sal no produto foi de 0,2 a 0,5%. O cloreto de sódio apresentou maior efeito na variável sabor salgado; a faixa otimizada para a utilização deste sal foi de 1,0 a 1,6%. Todas as reduções atendem à previsão recomendada pela ANVISA para 2014. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que, nos níveis pesquisados, a adição de cloreto de potássio favoreceu na obtenção de pão francês com menores teores de sódio e comprovaram a viabilidade tecnológica de se produzir pão francês com até 50% de redução de sal (1,0% na formulação comercial) com 0,5 % de cloreto de potássio, o que proporcionaria pães com a quantidade de sódio proposta para atender aos limites estabelecidos ($174,09 \text{ mg.}50 \text{ g}^{-1}$), em relação a uma formulação padrão de 1,88% ($306,5 \text{ mg.}50 \text{ g}^{-1}$) de sal.

Palavras-chave: hipertensão; prevenção; cloreto de potássio; pão francês.

SOUZA, T. A. S. **Partial replacement of sodium chloride with potassium chloride: Influence on quality parameters of french bread.** 2014. 110f. Dissertation (Post Graduation Program of Food Science and Techonology) Federal University of Paraíba, João Pessoa.

ABSTRACT

There is a worldwide trend towards the sodium reduction in processed food, based on their relation with the increase in blood pressure. Knowing that the French bread is a type of food that contribute most to sodium intake by the Brazilian population, the purpose of this research was to evaluate the replacement of sodium chloride (NaCl) by potassium chloride (KCl) in this product as a way to satisfy this trend, evaluating the effects of these substances on their physico-chemical, sensory and physical characteristics. A 2^2 -factorial design was used with 4 factorial points and 3 central points, making a total of 7 experiments, which independent variables were: sodium chloride (0.4 to 1.6%) and potassium chloride (0.2 to 0.8 %). The physical and physicochemical responses were: humidity, pH, acidity, specific volume, color (L^* , a^* , b^*) and texture profile (firmness, chewiness, elasticity and cohesiveness). The sensory responses were: skin color, color purity of the surface, opening of the crust, crumb color, crumb structure, fermented aroma, salty flavor, bitter residual crispness of the crust, crumb softness, chewiness and moisture. Analyses were conducted with 14 trained tasters through based methodology on the Quantitative Descriptive Analysis (QDA). It was also assessed the levels of sodium and potassium present in the formulations. Only the salty taste and sensorial chewiness responses generated statistically significant models, for others it was not possible to establish meaningful models. This result indicates that, despite variations in the concentrations of sodium chloride and potassium chloride, they had no effect on these criteria, obtaining a uniform product to the studied treatments. Potassium chloride caused a greater effect on sensory chewiness variable: optimized range for the use of salt in the product was 0.2 to 0.5%. Sodium chloride had the highest effect on salty flavor variable: optimized range for use from salt was 1.0 to 1.6%. All reductions meet the standards recommended by ANVISA for 2014. The results of this study indicate that, at the levels studied, the addition of potassium chloride favored in getting French bread with lower levels of sodium and proved the technological feasibility of producing French bread with 50% salt reduction (1.0% in the commercial formulation) with 0.5% potassium chloride, which provide bread with the amount of sodium proposed to meet the set limits ($174,09 \text{ mg.50g}^{-1}$), related to the salt standard formulation 1.88% ($306,5 \text{ mg.50g}^{-1}$).

Keywords: hypertension, prevention, potassium chloride, french bread.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 PROBLEMAS DECORRENTES DA INGESTÃO EXCESSIVA DE SÓDIO	16
3.2 O PÃO FRANCÊS	18
3.2.1 O cenário mundial e brasileiro de pães	18
3.2.2 Teor de sódio em pão francês	20
3.2.3 Metas para redução do teor de sódio em pão francês	21
3.3 FUNÇÕES TECNOLÓGICAS DO CLORETO DE SÓDIO NA FABRICAÇÃO DE PÃO FRANCÊS	22
3.4 SUBSTITUTOS DO SAL	23
3.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PÃO FRANCÊS	24
3.5.1 Características físicas	25
3.5.1.1 Perfil de Textura	25
3.5.1.2 Volume específico	28
3.5.1.3 Cor da casca e do miolo	30
3.5.1.4 Umidade	31
3.5.1.5 pH e acidez	32
3.5.2 Características sensoriais	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 MATÉRIAS-PRIMAS E INSUMOS	37
4.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	37
4.3 PRODUÇÃO DOS PÃES	39
4.3.1 Formulação	39
4.3.2 Processo	40
4.4 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS	41
4.4.1 Textura	41
4.4.2 Cor da casca e do miolo	42
4.4.3 Umidade	42
4.4.4 Determinação da composição mineral	43
4.4.5 Volume específico	43
4.4.6 pH e Acidez	44

4.5	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	44
4.6	ANÁLISE SENSORIAL DESCRITIVA QUANTITATIVA	45
4.6.1	Recrutamento e pré-seleção dos candidatos	45
4.6.2	Desenvolvimento da terminologia descritiva e treinamento dos julgadores	48
4.6.3	Seleção Final dos julgadores.....	51
4.6.4	Avaliação sensorial das amostras.....	52
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	53
	REFERÊNCIAS.....	55
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1	ARTIGO CIENTÍFICO 1.....	66
5.2	ARTIGO CIENTÍFICO 2.....	95
6.	CONCLUSÃO FINAL.....	107
	ANEXOS.....	108
	APÊNDICES.....	110

1. INTRODUÇÃO

O consumo excessivo de sal tem sido associado com vários efeitos prejudiciais à saúde, tais como doença cardiovascular, acidente vascular cerebral, hipertrofia ventricular esquerda, independentemente ou associados com a elevação da pressão arterial (WHO, 2007). Além disso, outros agravos incluem o câncer gástrico, o desenvolvimento de osteoporose, asma e obesidade (TUSUGANE, 2007; FRASSETTO et al., 2008).

Uma recente revisão dos estudos que avaliaram o consumo de sódio em diversos países revelou que na maioria das populações o consumo do mineral encontra-se acima de 2300 mg/dia, e em particular na China e Japão, a média esteve acima de 4600 mg/dia (BROWN et al., 2009). No Brasil, foi observado por Sarno (2009) que o consumo variou entre 3100 mg/dia e 4900 mg/dia. A recomendação atual da organização mundial de saúde para ingestão de sódio é de 2000 mg/dia de sódio (WHO, 2007).

Em relação à procedência do sódio, existem diferenças importantes quando são comparados a países desenvolvidos e em desenvolvimento. Nos primeiros estima-se que a maior parte do sódio consumido pelos indivíduos provenha de alimentos processados pela indústria. Já nos países em desenvolvimento, a maior parte do sódio consumido é proveniente do sal de cozinha e condimentos à base desse sal adicionado no preparo de alimentos ou diretamente na comida à mesa (ANDRERSON et al., 2010).

Órgãos de saúde pública e autoridades regulatórias têm recomendado a redução do consumo desse elemento mineral na dieta (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2005). O acordo assinado pelo Ministério da Saúde brasileiro prevê a redução gradual de sódio em 16 categorias de alimentos, que devem ser cumpridas pela indústria de alimentos até 2014 e aprofundadas até 2016, levantando novamente a questão da importância da adequação do consumo de sódio entre a população. Produtos como macarrão instantâneo, pão francês, caldos e temperos prontos, embutidos, carnes processadas e produtos industrializados oferecem uma quantidade abusiva deste componente (BRASIL, 2012).

O pão é um dos alimentos mais consumidos pelo homem. Estima-se que uma unidade de pão francês de 50 g, possui aproximadamente 320 mg de sódio (SILVA, YONAMINE, MITSUIKI, 2003; SOSA et al., 2003), sendo uma unidade deste tipo de pão, responsável por 15% da ingestão diária de sódio, recomendada pela OMS (2003), constituindo um dos principais responsáveis pela ingestão de sódio em muitos países (DÖTSCH et al., 2009; BOLHUIS et al., 2011).

O cloreto de sódio é um ingrediente que atua na melhoria do desenvolvimento da massa, influenciando no fortalecimento da rede de glúten, diminuição da atividade das leveduras na massa, retarda a produção de gás, afeta as características de conservação do pão, melhora a aparência da casca e o sabor do produto final (MILLER, HOSENEY, 2008; LUCHIAN, CANJA, 2010). Apesar da sua importância no processo de panificação, em alguns estudos analíticos internacionais encontraram valores elevados de sal, podendo apontar ser necessário reduzir o seu teor na indústria da panificação, por razões de saúde dos consumidores (VIEIRA et al., 2007).

Estudos comprovaram que é viável diminuir até 99,7% do teor de sódio na formulação de pão de forma, sem que comprometa as propriedades reológicas, porém geram um impacto na aceitação sensorial por parte dos consumidores (SILVA, YONAMINE, MITSUIKI, 2003). Na Irlanda, foi possível produzir pães com 0,3% e 0,6% de sal em comparação ao controle (1,2% de sal) sem que comprometesse a reologia da massa e as características de qualidade (LYNCH et al., 2009).

Outra forma de reduzir o sódio é a substituição parcial por outro sal. O mais utilizado é o cloreto de potássio (KCl), que possui propriedades similares ao NaCl e é reconhecido como seguro, podendo ser usado sem perda da funcionalidade. Contudo, a adição de cloreto de potássio é restringida devido ao sabor amargo que confere ao produto quando em grandes quantidades. No pão integral, foi possível uma substituição de 55,2% de cloreto de potássio, 69,0% de cloreto de magnésio e 34,8% de cloreto de cálcio (CHARTON et al., 2007).

Sabendo-se que o excesso de sódio na alimentação é responsável por uma série de problemas de saúde, e considerando a necessidade de se reduzir o teor de sódio em pães do tipo francês, propõe-se neste trabalho avaliar os efeitos da redução da concentração do teor de cloreto de sódio e da sua substituição parcial por cloreto de potássio sobre os parâmetros de qualidade do pão francês.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar os efeitos da redução da concentração do teor de cloreto de sódio e da sua substituição parcial por cloreto de potássio sobre os parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais do pão francês.

2.2 ESPECÍFICOS

- Estudar o processo de substituição do NaCl pelo KCl mediante metodologia de planejamento fatorial e análise de superfície de resposta, tendo como variáveis independentes: % Cloreto de Sódio e o % de Cloreto de Potássio; e como variáveis dependentes: análise sensorial descritiva quantitativa (ADQ), análises físicas e físico-químicas;
- Avaliar as formulações quanto aos parâmetros de qualidade: volume específico, pH, acidez, perfil de textura, cor da casca e do miolo e umidade;
- Determinar os teores de sódio e potássio;
- Realizar análise sensorial descritiva quantitativa (ADQ);
- Correlacionar às análises instrumentais com os resultados da ADQ.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 PROBLEMAS DECORRENTES DA INGESTÃO EXCESSIVA DE SÓDIO

O sódio, usualmente encontrado nos alimentos na forma de cloreto de sódio ou sal, é um nutriente essencial para a manutenção de várias funções fisiológicas do organismo: transmissão nervosa, contração muscular, manutenção da pressão arterial e equilíbrio de fluídos e ácido básico. Apesar disso, adicionar sal à dieta não é necessário, pois a quantidade necessária para repor as perdas dos nutrientes é próxima do conteúdo já existente nos alimentos in natura. Além disso, o organismo apresenta alta capacidade de conservar sódio e perdas importantes do mineral só ocorrem em situações não usuais, como na sudorese prolongada (FRANCO, OPARIL, 2006).

A hipertensão está entre as maiores doenças crônicas, constituindo-se em um problema de saúde pública, atingindo aproximadamente um bilhão de indivíduos (SABRY, 2007). Em todo o mundo, provavelmente mais que 26% dos adultos têm hipertensão (KEARNEY et al., 2005) e cerca de 16 milhões de pessoas morrem de doenças cardiovasculares, e quase 8 milhões dessas mortes são atribuídas a hipertensão (MACKAY, MENSAH, 2007). Segundo dados do Ministério da Saúde do Brasil, as doenças do sistema circulatório constituem-se a primeira causa de morte no país, além de representarem um alto número de internações no Sistema Único de Saúde, significando grandes gastos para o Governo (BRASIL, 2012). Entre as populações, o aumento progressivo dos níveis de pressão arterial e a prevalência da hipertensão com a idade parecem estar diretamente relacionados com a ingestão de sódio (DICKINSON, HAVAS, 2007).

O brasileiro consome, em média, 14000 mg de cloreto de sódio; o limite considerado saudável pela Organização Mundial de Saúde (OMS) não passa de 6000 mg, o que corresponde a aproximadamente 2000 mg de sódio. Em longo prazo, o consumo excessivo de sal pode levar ao aumento do volume de sangue, causando pressão sobre os vasos. Com isso, crescem as chances de desenvolver hipertensão arterial. Esse quadro, caracterizado pela pressão elevada, atrapalha o pleno funcionamento do organismo porque as artérias (responsáveis pela irrigação de vários órgãos) são lesadas. Há evidências que o alto consumo de sal pode colaborar no desenvolvimento de outras doenças como: derrames (XIE et al.,

1992), hipertrofia ventricular esquerda (LAUFER et al., 1989), problemas renais e albuminúria (HILLEGE et al., 2002), câncer no estômago, cálculo renal e desmineralização dos ossos (TSUGANE et al., 2007).

A Síndrome Metabólica consiste de uma complexa inter-relação entre os fatores de risco para doença cardiovascular, como alteração do metabolismo da glicose, aumento da pressão arterial e dos níveis de triglicéridos, diminuição do HDL (colesterol bom) e obesidade. Embora a patogênese da Síndrome Metabólica não esteja completamente estabelecida, seus múltiplos componentes estão conectados possivelmente a resistência à insulina (ALBERTI et al., 2009). A insulina apresenta um efeito antinatriurético estimulando a reabsorção renal de sódio. Este efeito é claramente mantido, e talvez aumentado em indivíduos com resistência à insulina, representando um papel importante no desenvolvimento da hipertensão arterial e, possivelmente, da sensibilidade ao sal nestes estados. Dessa forma, a restrição ao consumo de sódio, como forma de diminuir os níveis de pressão arterial tem sido recomendada não apenas nos casos de hipertensão, mas também nos estados onde a doença se associa com a resistência à insulina, como na Síndrome Metabólica (SORAFIDIS, BAKRIS, 2007).

Se houvesse uma disputa para definir o vilão da dieta atualmente, certamente o sal desbancaria fortes concorrentes, como o açúcar e a gordura. Em 2004 a OMS lançou a Estratégia Global de Dieta, Atividade e Saúde. Uma das recomendações nesta estratégia era limitar o nível de sal nos produtos atuais. Para incentivar a redução de sódio em todo o mundo a Ação Mundial sobre Sal e Saúde (WASH) foi criada em 2005. Este grupo de especialistas em hipertensão incentiva as empresas multinacionais de alimentos para reduzir o sódio em seus produtos e trabalha com governos de diferentes países para destacar a necessidade de redução do sódio (WASH, 2005). Em 2007 foi emitido um relatório declarando as evidências conclusivas que o consumo excessivo de sódio causa hipertensão (WHO, 2007).

Alguns alimentos comercializados em restaurantes foram reformulados para atingir o menor teor de sódio possível, combinando com uma nova educação alimentar do consumidor e criação de um ambiente facilitador da escolha de alimentos pobre em sódio. No Brasil, a ANVISA publicou recentemente no Diário Oficial da União novas regras para a propaganda de alimentos e bebidas pobres em nutrientes. Nos Estados Unidos, em abril de 2010, o FDA (Food and Drug Administration) manifestou sua intenção de reduzir o consumo de sal entre a população.

Uma política de saúde pública adotada no Canadá trouxe à tona uma equação simples e de bom resultado. Há dez anos, o departamento de saúde canadense incentiva à população a

consumir um limite máximo de 1,8 g de sódio por dia. Para chegar à meta, era preciso retirar do cardápio duas colheres de sopa de sal da alimentação diária. Os dados mostram que a redução do sal e do sódio promoveu uma diminuição de 13% das mortes por doenças coronarianas, 8% o número de infarto e 12% os acidentes vasculares cerebrais. Uma pesquisa do Ministério da Saúde divulgada em 2008 mostrou que uma dieta equilibrada, sozinha, poderia evitar 48.941 mortes por AVC, 47.456 óbitos de doenças no coração com as mesmas duas colheres a menos de sal em cada refeição (O SAL E SEUS SUBSTITUTOS, 2013).

3.2 O PÃO FRANCÊS

A história do pão se confunde com a história do homem. Há cerca de 12.000 anos os seres humanos começavam a comer uma massa crua feita apenas de água e farinha. Contudo, foram os egípcios, por volta de 3.000 anos a.C. que consumiam as primeiras versões da massa fermentada que conhecemos hoje. Em 1202 na Inglaterra, foram adotadas as primeiras normas para regular o preço dos pães e o lucro de seus produtores (ESTELLER, 2004).

O pão francês é o tipo de pão mais consumido no Brasil, estando presente em todas as mesas, independente de classe social e econômica, sendo considerado uma das principais fontes calóricas da dieta dos brasileiros (IBGE, 2010). É obtido basicamente por mistura de farinha de trigo, cloreto de sódio, fermento e água, podendo ser adicionado de alguns aditivos como enzimas, agentes oxidantes e hidrocolóides, entre outros (BÁRCENAS, OKELLER, ROSELL, 2009; JOYE, LAGRAIN, DELCOUR, 2009) e é caracterizado por apresentar forma arredondada, com corte aberto do topo (pestana), casca crocante, de cor uniforme castanho-dourada e miolo de cor branco-creme, de textura e granulação fina não uniforme (BRASIL, 2000).

3.2.1 O cenário mundial e brasileiro de pães

O mercado de panificação no Brasil vem crescendo ano após ano. O faturamento do setor passou de R\$ 2.275,6 milhões em 2008 para R\$ 3.524,90 milhões em 2012 (Tabela 1), o índice de crescimento das empresas de Panificação foi de 11,6%, neste mesmo ano o que representa um faturamento de R\$ 70,29 bilhões, mantendo o nível de crescimento acima de

dois dígitos dos últimos seis anos. O levantamento dos números foi feito pelo Instituto Tecnológico ITPC, em parceria com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria – ABIP, através de pesquisa em mais de 1.600 empresas de todo o país, abrangendo das pequenas até grandes representantes do setor.

O número de empresas que compõem o setor continua na casa dos 63 mil, que receberam cerca de 44 milhões de clientes no último ano, o que representa quase 800 mil pessoas a mais do que em 2011. São Paulo é o estado que concentra o maior número de padarias no país (12.764), seguido pelo Rio de Janeiro (7.400), Rio Grande do Sul (6.058) e Minas Gerais (5.455). O estado com o menor número de empresas de panificação é Roraima (91).

A Panificação está entre os maiores segmentos industriais do país, sua participação na indústria de produtos alimentares é de 36,2%, e na indústria de transformação representa 7% do total. A criação de áreas para café, restaurantes, lanchonetes, produtos assados na hora, além de novos produtos e variações de receitas vem fazendo com que as padarias se tornem “Centros Gastronômicos”, capazes de receber e suprir os clientes em vários de seus momentos de compra (ABIP, 2012).

Com relação à produção de pães no Brasil, 83% é de origem artesanal e desse total, 46% é do tipo francês, sendo este o mais bem aceito e amplamente consumido em diferentes classes sociais e faixas etárias; os 17% restantes são pães obtidos de forma industrial (LEVY-COSTA et al., 2005; AIPAN, 2011; ABIP, 2012; SEBRAE, 2012).

O consumo de pães no Brasil é considerado baixo quando comparado com outros países como o Chile que consome 98 kg/per capita/ano e com a Argentina que consome 82 Kg/per capita/ano (ABIP, 2012). Um consumo elevado de pães também é observado em países da Europa, cada francês consome em média 56 kg/per capita/ano, enquanto o inglês consome 52 kg/per capita/ano e o italiano, 60 kg/per capita/ano (SEBRAE, 2012). A ingestão de pão no Brasil varia por Região, sendo maior no Sul e Sudeste, com consumo per capita em torno de 35 kg, enquanto que no Nordeste este valor fica próximo a 10 kg. A Organização Mundial de Saúde (OMS) sugere a ingestão de 60 kg/pessoa/ano, enquanto a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) estabelece como ideal 50 kg/pessoa/ano.

Tabela 1- Vendas de Pão no Brasil

	2008	2009	2010	2011	2012
Vendas (milhões R\$)	2.275,60	2.549,00	2.927,70	3.230,90	3.524,80
Vendas (mil tons)	803,2	871,7	967,6	993	997,4
Per Capita (kg/per capita)	4,2	4,6	5,1	5,2	5,1
População Bras. (milhões hab)	190	191	191	192	194

Fonte: Abima, Nielsen (2012).

3.2.2 Teor de sódio em pão francês

Uma média aproximada de teor de sódio do pão francês na Argentina é de 628 mg Na.100g⁻¹ pão em base seca. Considerando um consumo médio diário do pão de 190 g (SAGPYA, 2005), o qual tem aproximadamente 28% de umidade, a média diária de sódio contida no pão é de 860 mg (SOSA, 2008). A OMS recomenda uma ingestão de sal diária máxima de 2000 mg de sódio. Assim, a população Argentina, está cobrindo 43% da ingestão diária recomendada de sal somente com o consumo do pão francês.

Um estudo do teor de sódio no pão francês feito na cidade do Porto em Portugal encontrou valores de sódio que variaram entre 344 mg.100g⁻¹ de pão a 718 mg.100g⁻¹ de pão, com uma média de 534 mg.100g⁻¹ de pão e desvio padrão de 30 mg.100g⁻¹ pão (VIEIRA, 2007). Outros estudos encontraram valores do teor de sódio no pão francês variando de 490 a 724 mg Na.100g⁻¹ de pão (CASTANHEIRA et al., 2009).

A principal origem de ingestão de sódio pelo brasileiro é o sal de cozinha, que representou 71,5% do total do nutriente ingerido no País, entre 2008 e 2009. A conclusão pertence ao estudo Cenário do Consumo de Sódio no Brasil, recém-elaborado pela Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação – ABIA, com base em dados da última Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF (2008-2009) e da Pesquisa Anual de Serviços (2009), ambas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

A parcela restante do sódio consumido pela população brasileira (Tabela 2), tanto nos domicílios como nas refeições fora do lar, teve origem no nutriente contido nos alimentos industrializados (13,8%), no pão francês (6,0%), nos alimentos in natura (4,7%) e nos alimentos semielaborados (4,1%).

Tabela 2 – Consumo de Alimentos, Sal e Sódio no Brasil

Total Brasil	Aquisição de Alimentos		Consumo de Sal		Consumo de Sódio		Participação %
	Anual (Kg)	Dia (g)	Anual (Kg)	Dia (g)	Anual (Kg)	Dia (g)	
Alimentos In Natura	96,38	264,05	0,2	0,54	0,08	0,21	4,7%
Alimentos Semielaborados	143,18	392,27	0,17	0,46	0,07	0,18	4,1%
Alimentos Industrializados	118,98	325,96	0,57	1,57	0,22	0,61	13,8%
Pão Francês	15	41,11	0,25	0,68	0,1	0,27	6,0%
Sal de Cozinha	2,97	8,13	2,97	8,13	1,16	3,19	71,5%
Total	376,5	1.031,50	4,15	11,38	1,63	4,46	100%

Fonte: ABIA (2013).

3.2.3 Metas para redução do teor de sódio em pão francês

Em 2011, o Ministério da Saúde e a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA), Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias (ABIMA), Associação Brasileira da Indústria de Trigo (ABITRIGO) e a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP) firmaram Termos de Compromissos, com a finalidade de estabelecer metas nacionais para redução do teor de sódio em alimentos.

Para o pão francês acordou-se que a adição de sal ao produto seja progressivamente reduzida de 2% para 1,8% até o final de 2014, o que representará uma redução de 10% na quantidade de sódio no produto.

Da mesma forma, os serviços de alimentação, em especial as padarias, devem fazer um esforço conjunto com vistas a disponibilizar para a população um pão francês com quantidades menores de sódio.

Para isso, começar pela redução do teor de sal adicionado à farinha (de 2% para 1,8%) é uma ótima iniciativa. Isso significa que em 2011 uma receita que utiliza 50 kg de farinha de trigo e que, tradicionalmente, é adicionada de 1000 g de sal (2% da base de farinha de trigo) terá a quantidade de sal diminuída para 950 g (1,9% da base de farinha de trigo) até o final de

2012 e para 900 g (1,8% da base de farinha de trigo) até o final de 2014. Assim, uma unidade de pão francês (50 g) que em 2011 tem em média 320 mg de sódio, terá 304 mg em 2012 e 289 mg em 2014.

Alternativas que visem maiores percentuais de redução de sal ao alimento também são bem vindas, pois o maior beneficiado será a população brasileira, que terá cada vez mais a sua disposição alimentos com menores teores de sal.

3.3 FUNÇÕES TECNOLÓGICAS DO CLORETO DE SÓDIO NA FABRICAÇÃO DE PÃO FRANCÊS

Segundo a RDC nº 130 de 26 de maio de 2003, considera-se sal o composto chamado cloreto de sódio (NaCl), que é extraído de fontes naturais na forma de cristais e que é adicionado obrigatoriamente de iodo. Na indústria da alimentação, o sal é utilizado para uma grande variedade de funções técnicas, convertendo-se num dos ingredientes mais utilizados na produção de alimentos.

O sal constitui um ingrediente fundamental na elaboração do pão para controlar o grau de fermentação da massa, pois diminui a atividade da levedura na massa, retardando a produção de gás, já que por ser altamente higroscópico, sua presença faz com que a água saia do interior da célula e passe para a massa, reduzindo a sua capacidade de produzir gás (MILLER, HOSENEY, 2008). Além disso, é capaz de fortalecer o glúten das farinhas já que um de seus componentes, a gliadina, tem maior solubilidade em água com a presença de sal. Atua ainda realçando o sabor e clareando o miolo do pão como resultado de uma melhor estruturação das células com uma formação da crosta crocante, conservação do produto (vida de prateleira) e o sabor do produto final (MILLER, HOSENEY, 2008; BORTOLOTTI, 2009; LUCHIAN, CANJA, 2010).

A sua ausência prejudica o crescimento do pão (menor volume) e a sua qualidade, porém o seu excesso inibe o desenvolvimento da levedura retardando a fermentação do pão, além de contribuir para uma maior ingestão de sódio na alimentação. No entanto, a investigação sobre o efeito do sal em pães tem mostrado um conflito nos resultados: foi utilizado o estudo da reologia para descrever o efeito de grandes quantidades de sal na massa e os resultados foram similares aos estudos com adições normais de sal (LARSSON, 2002; WU, BETA, CLARKE, 2006). Além disso, vários autores relataram que a variação de sal não

teve nenhum efeito sobre as medições de volume específico (HE, ROACH, HOSENEY, 1992).

3.4 SUBSTITUTOS DO SAL

O sódio é um ingrediente essencial, o qual desempenha importante papel em termos de propriedades funcionais e sensoriais, a sua ingestão excessiva tem sido implicada em condições tais como pressão alta e doenças cardiovasculares (JESSICA et al., 2008). Portanto, muita pesquisa tem voltada para o desenvolvimento de substitutos do sal (WICK, DANG, JUNGWIRTH, 2006; BRASCHI, GILL, NAISMITH, 2009).

A Redução do sódio tem sido um problema na indústria de alimentos, envolvendo enormes esforços de pesquisa para melhorar a aceitabilidade em alimentos. Isto levou à pesquisa de outros ingredientes para substituir parcialmente ou melhorar a função de cloreto de sódio em alimentos. A maioria dos substitutos pertence às seguintes categorias: minerais, ácidos aminados, ácidos orgânicos e compostos de aroma ou a aplicação da mistura desses ingredientes (O SAL E SEUS SUBSTITUTOS, 2013).

Muitos dos substitutos do sal utilizam predominantemente cloreto de potássio. Outros utilizam ervas, especiarias e extratos de leveduras (HARVARD COLLEGE, 2006; BOLHUIS et al., 2011). O cloreto de potássio possui propriedades físicas semelhantes às do sal e funcionam de forma semelhante em produtos de panificação. Apresenta aproximadamente 80% da capacidade de salgar, mas possui sabor amargo quando utilizado em excesso. Outras alternativas mais seguras, mais saborosas e mais saudáveis ao sal são o uso de temperos, ervas, e outros aromatizantes (MORRIS et al., 2010).

O cloreto de potássio é de longe o material mais popular utilizado para substituir cloreto de sódio. Em termos de saúde a substituição de NaCl por KCl vai dar um duplo benefício uma vez que alimentos ricos em potássio são conhecidos por reduzir ainda mais a pressão arterial (GELEIJNSE, KOK, GROBBEE, 2003). Em baixos níveis de substituição de sódio a amargura é bem mascarado pelo NaCl restante. Uma pesquisa avaliou a aceitabilidade de mistura 1:1 de cloreto de sódio e potássio em produtos à base de vegetais, concluindo que a redução de sal em até um terço ou mais não afetou a aceitabilidade.

Outro sal de cloreto monovalente é o LiCl, provavelmente o mais próximo do NaCl, no entanto, é tóxico. Cloreto de colina é mencionado na literatura (LOCKE, FIELDING, 1994) e patentado como uma opção para substituição do sal (FIELDING, LOCKE, 1993).

De acordo com a Divisão Food Ingredients da Ajinomoto, uma das formas de se reduzir o consumo de sódio é diminuir o sal de cozinha (cloreto de sódio) e utilizar glutamato monossódico (MSG), pois 1 g de MSG possui 123 mg de sódio, a mesma quantidade de sal possui 388 mg. O MSG melhora o sabor dos alimentos, incluindo aqueles com menos sódio, permitindo que sejam aceitos pelo paladar do consumidor. Desta forma, é possível conseguir vários níveis de redução de sódio, dependendo do tipo de alimento. Em sopas, por exemplo, o uso do glutamato monossódico resultou em uma redução real de 33% no teor de sódio, sem prejudicar o nível de aceitação do sabor do alimento. Isso foi possível diminuindo a quantidade de sal pela metade e adicionando apenas 0,4% de MSG (O SAL E SEUS SUBSTITUTOS, 2013).

3.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PÃO FRANCÊS

O pão francês em sua qualidade máxima é aquele que apresenta forma arredondada com corte aberto no topo (pestana), crosta dourada e crocante, miolo branco levemente creme, poroso e sabor característico, ligeiramente salgado (ALMEIDA, 2011).

A qualidade do pão francês pode ser avaliada mediante análises físicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais (BRASIL, 2000).

As principais características avaliadas por métodos instrumentais são volume específico, umidade, textura, cor e porosidade do miolo e cor da casca (ESTELLER, LANNES, 2005; CURIC et al., 2008). Com relação aos testes sensoriais, os mais aplicados são análise descritiva e teste de aceitação (HAYAKAWA et al., 2010; CALLEJO, 2011).

3.5.1 Características físicas

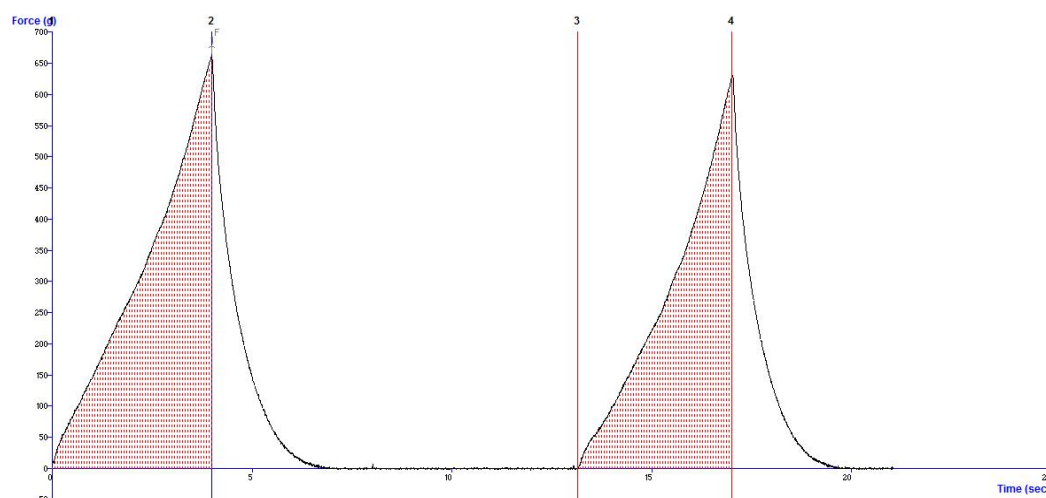
3.5.1.1 Perfil de Textura

A textura de um alimento pode ser definida como um grupo de características físicas que provém dos elementos estruturais dos alimentos. Essas características, ou parâmetros de textura são quantificados através das análises de textura, que podem ser sensoriais ou instrumentais. No caso do pão francês, a textura do pão está fortemente relacionada com a percepção de qualidade e parece ser um critério decisivo de sua aceitação pelos consumidores (GAMBARO, VARELA, GIMENEZ, 2002; LASSOUED et al., 2008).

A análise de perfil de textura (TPA) foi desenvolvida por Friedman et al. (1963) por teste de compressão, em que a amostra é comprimida duas vezes, utilizando um equipamento denominado analisador de textura, provido de corpos de prova (probe) fabricados para testes na indústria de alimentos. Desta forma, consegue-se medir as propriedades físicas, relacionando-as com a percepção dinâmica da textura (BOURNE, 2002).

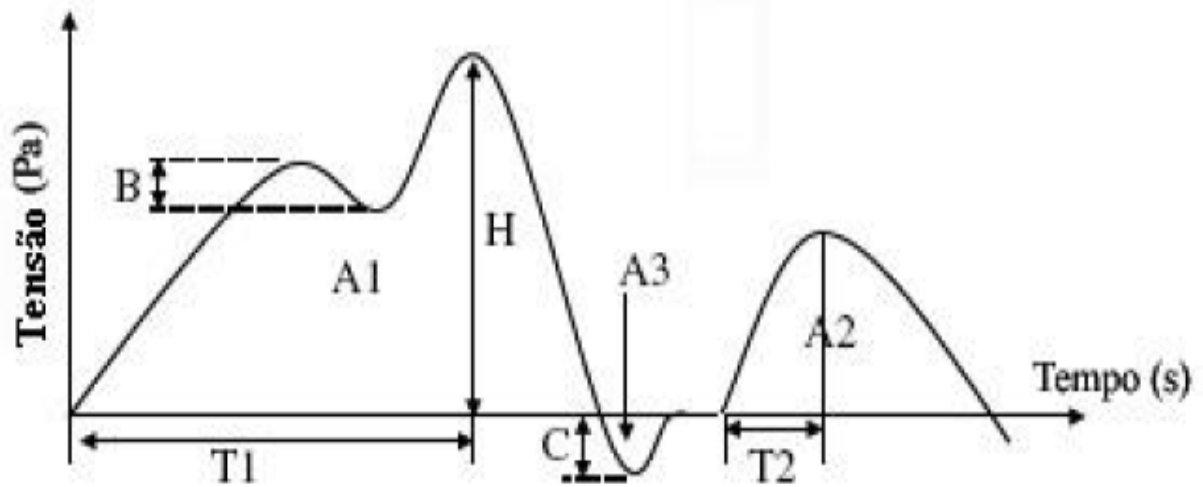
A resistência detectada pelo aparelho é registrada na forma de uma curva típica de força-deformação do alimento e resulta em um gráfico de força/tempo (Figura 1) característico para cada tipo de produto, permitindo avaliar parâmetros como a adesividade (A3), a coesividade (A2/A1), elasticidade (T2/T1) e a firmeza (H) (Figura 2).

Figura 1 - Demonstração da curva que relaciona a força e o tempo necessários para a TPA do pão francês.



Fonte: A Autora (2013).

Figura 2- Representação Gráfica da análise instrumental do perfil de textura



Fonte: Kealy (2006).

A TPA é um conjunto de medidas que foi desenvolvida com base na imitação da compressão de uma mordida em um pedaço de alimento, duas vezes a movimentação da boca. No pão, a firmeza é o parâmetro analisado com maior frequência, por está fortemente relacionado com a firmeza do miolo e percepção de frescor do pão (SZCZESNIAK, 1998; CARR et al., 2006).

O Quadro 1 apresenta os parâmetros primários e secundários de interesse no estudo da textura do pão francês. Esses parâmetros correlacionam-se bem com a avaliação sensorial (BOURNE, 2002).

Quadro 1- Parâmetros primários e secundários de interesse da textura do pão francês que podem ser obtidos por análise instrumental.

Parâmetro		Definição	Unidade
Primários	Firmeza	Força necessária para realizar uma dada deformação,	N
	Coesividade	Força das ligações internas	Adimensional
	Elasticidade	É a razão com que um material deformado volta ao seu estado inicial após remoção da força que o deformou	mm
	Adesividade	Trabalho necessário pra superar as forças de atração entre a superfície do alimento e outras superfícies com as quais o alimento entra em contato	gf.mm = 10-5J
Secundários	Mastigabilidade	Força necessária para desintegrar um alimento sólido até ficar pronto para ser engolido. Está relacionada com os parâmetros primários de coesividade, elasticidade e dureza.	J

Fonte: Szczesniak, (1998); Carr et al. (2006).

A textura pode ser avaliada por métodos sensoriais usando provadores treinados. Entretanto, em trabalho de rotina, os métodos sensoriais não são os mais vantajosos, existindo outros métodos para obtenção mais rápida de indicadores da textura dos alimentos (SANTOS JÚNIOR et al., 2012).

Alguns estudos foram realizados com o intuito de correlacionar as medições instrumentais de textura do pão com os dados obtidos a partir do perfil sensorial convencional. Carson e Sun (2001) avaliaram a firmeza e outros parâmetros de textura (coesividade, elasticidade, aderência) de seis tipos de pão, e concluíram que os resultados destes parâmetros instrumentais foram fortemente correlacionados com a análise sensorial.

A força máxima (firmeza) avaliada para produtos panificados é dependente da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas e mesmo a adição de glúten e melhoradores de farinha), umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem). A manutenção da coesividade em derivados de trigo está relacionada principalmente às interações moleculares dos componentes, principalmente pontes de hidrogênio, dissulfeto e ligações cruzadas com a participação de íons metálicos e a mobilidade da água na massa. Produtos “envelhecidos” (maior tempo de estocagem) perdem sua elasticidade (ESTELLER, LANNES, 2005).

Esteller e Lannes (2005) apontaram para valores baixos de firmeza (ou maior maciez) para o miolo de pães francês (0,72 N) comparados ao pão de forma (1,56 N), dog-hamburger (1,44 N), ciabatta (1,36 N) e pão italiano (7,42 N). De Conto et al. (2012), ao avaliarem a firmeza do pão de forma, verificaram que valores na faixa de 4,56 N e 13,32 N tiveram boa aceitação sensorial.

Estudos que avaliaram o perfil de textura do pão francês obtido de massa congelada e adicionado da enzima alfa-amilase e emulsificantes, verificaram valores médios de firmeza variando de 5,38 N a 7,54 N, mastigabilidade de 46,4 mJ a 90,0 mJ, e elasticidade e coesividade próximos a 18,5 mm e 0,65, respectivamente. Esses autores ainda verificaram que 97% dos provadores comprariam este pão, e que foram classificados quanto à crocância da casca e firmeza do miolo entre os termos hedônicos gostei muito e gostei moderadamente (CARR et al. 2006).

Feitosa et al. (2013) ao avaliarem a qualidade do pão tipo francês, comercializado em panificadoras de João Pessoa-PB, verificaram valores médios de firmeza variando entre 2,87 a 6,32 N e para as demais características de textura foi observado que a média da elasticidade variou de 0,91 a 1,93, da coesividade de 0,72 a 0,86 e da mastigabilidade de 1,91 a 5,71 N.

Segundo Oliveira, Pirozi e Borges (2007), o pão tipo francês elaborado com 10% de farinha de linhaça teve maior firmeza que a amostra controle, no entanto, esta diferença não foi detectada pelos provadores na avaliação sensorial.

3.5.1.2 Volume específico

O volume específico é uma das medidas mais importantes para avaliar a qualidade do trigo (MONDAL; DATTA, 2008). Essa característica pode ser influenciada pela quantidade e qualidade da farinha de trigo, incorporação de aditivos a massa como os oxidantes, redutores, enzimas, hidrocolóides e emulsificantes e pelo tempo de fermentação, entre outros (INDRANI, RAO, 2006; POVLSEN, 2008; MEZAIZE et al., 2009).

A determinação do volume específico do pão, geralmente é realizada pelo método de deslocamento de sementes, depois que o pão é pesado; o resultado é calculado pela relação entre o volume e peso da amostra, sendo o resultado expresso em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$. Este método possui a desvantagem de não ser preciso, no entanto, devido a sua simples aplicação, pode ser

utilizado como um controle de rotina nas indústrias de panificação (CECCHI, 2003; YI, KERR, 2009).

O volume específico do pão francês de boa qualidade deve está situado no intervalo de 5,0 a 8,0 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ (FERREIRA, OLIVEIRA, PRETTO, 2001), sendo 6,0 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ o valor considerado ótimo (EL-DASH, CAMARGO, DIAZ, 1982). Alterações no volume específico estão relacionadas à quantidade de gás produzido durante a fermentação e à capacidade de retenção de gás pela massa (BONNARDEL, MAITRE, 1987). Pães que usam massa congelada geralmente resultam em produto final com baixo volume específico, o que ocorre devido à perda de resistência à extensão da massa e da atividade do fermento (KENNY et al., 1999). O baixo volume específico também está associado ao alto teor de umidade e de fibras, falhas no batimento cocção, pouca aeração, difícil mastigação e sabor impróprio (ESTELLER, LANNES, 2005; YI, KERR, 2009). No entanto, o pão com volume específico excessivo está relacionado com o longo tempo de fermentação e incorporação de aditivos a massa (FERREIRA, OLIVEIRA, PRETTO, 2001).

Ao analisar o volume específico do pão tipo francês comercializados no Município de João Pessoa Feitosa et al. (2013) verificou que 86,2% dos pães apresentaram volume específico entre 5,0 e 8,0 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$, 13,0% de 8,0 a 9,0 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ e somente 0,8% de 4,5 a 4,9 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$, entretanto, as médias das amostras variaram de 5,72 a 8,08 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$.

Ignácio et al. (2013) ao avaliarem a substituição do cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl) em pão francês em quatro formulações: a padrão (FP) com 2% de NaCl e a substituição desta porcentagem por KCl em 30% (F1) e 50% (F2), além de uma formulação com 0% de cloreto de sódio (F3) e observaram que a redução da dosagem do sódio não alterou significativamente o volume específico dos pães.

Ao desenvolver um pão sem glúten tipo francês Nadal (2013), encontrou valores para volume específico entre 1,70 e 1,87 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$. Sabanis e Tzia (2011) em suas formulações de pão de forma quando utilizaram amido de milho e farinha de arroz com adição de 2% de goma xantana obtiveram volume específico de 2,65 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ e com adição de 2% de goma guar, o volume específico foi de 2,83 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$.

Lopes et al. (2007) ao avaliarem o uso simultâneo de ácido ascórbico e azodicarbonamida em pão francês, verificaram que o volume específico variou de 5,23 a 6,00 $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ e observaram que a aplicação de ácido ascórbico e azodicarbonamida em concentrações acima de 75 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ de farinha de trigo e 30 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ proporcionou a produção de pães franceses de maior volume específico.

3.5.1.3 Cor da casca e do miolo

A avaliação da cor é um parâmetro crítico em produtos forneados. Pães com casca ou miolo muito claros ou muito escuros estão associados a falhas no processamento. O pão francês deve apresentar casca de cor castanho-dourada uniforme e miolo branco creme (BRASIL, 2000). Essas características são influenciadas pelos ingredientes utilizados, atividade de água da massa e condições de processamento, isto é, tempo e temperatura de assamento, umidade relativa no forno e taxa de transferência de calor durante o assamento (AHRNÉ et al., 2007; MONDAL; DATTA, 2008; PURLIS, 2010).

A temperatura de assamento para a maioria dos pães oscila entre 190 e 250 °C, exceto os “flat bread” (pão sírio, pita, chapati, paratha, ataif, incluindo pizzas e esfihas) que podem ser assados em temperaturas superiores a 300 °C (QAROONI, 1996). De acordo com Sabanis et al. (2009), a cor do miolo não é afetada pela temperatura, pois a temperatura atingida no miolo durante o cozimento da massa não excede 100 °C, e a sua cor está relacionada aos ingredientes utilizados, principalmente ao tipo de farinha (a de trigo é responsável pela cor creme, a de milho amarelada e a de centeio cinza). A formação da cor da casca ocorre durante o cozimento do pão, devido às reações de Maillard e caramelização. Essas reações são responsáveis pela formação de compostos que contribuem com a pigmentação marrom, destacando-se as melanoidinas e os furfurais (ZANONI, PERI, BRUNO, 1995; PURLIS, SALVADORI, 2009).

O método instrumental mais utilizado na área de ciência dos alimentos para análise de cor da casca e do miolo do pão consiste em medir a quantidade de luz refletida pela superfície do alimento, com o auxílio de um colorímetro utilizando as escalas Hunter Lab ou CIE $L^* a^* b^*$, sendo esta última adotada como padrão internacional pela Comissão Internationale de l'Eclairage. Os parâmetros usados pelo sistema CIE $L^* a^* b^*$ são a luminosidade (L^*) que varia de 0 a 100 (preto a branco) e as coordenadas a^* (verde a vermelho) e b^* (azul a amarelo) (GIESE, 2000; PURLIS; SALVADORI, 2007).

Valores de L^* mais altos indicam maior reflectância da luz traduzindo-se em pães com coloração clara, pobres em açúcares, ou presença de farinhas e amidos na crosta, como no caso do pão francês, ciabatta e pão de queijo. Maiores valores de a^* (desvio para o vermelho) indicam coloração mais escura na crosta. É o que ocorre para o pão de forma, dog-hamburger e torradas, pães normalmente com forte presença de açúcares em suas formulações. Valores altos para b^* são traduzidos para amostras com forte coloração amarelada ou dourada, que

embora “diluída” na coloração castanha característica de produtos forneados, pode ser “filtrada” e aparece em pães ricos em proteínas, açúcares redutores e ovos (ESTELLER, LIMA, LANNES, 2005)

Estudos verificaram que a adição da farinha de linhaça ao pão tipo francês causou redução na luminosidade (L^*) e maior tendência ao vermelho (BORGES et al., 2011). Já Lannes e Esteller (2005), ao analisarem o pão tipo francês comercializado no município de São Paulo-SP verificaram médias para L^* , a^* e b^* , respectivamente, de 65,3, 8,6 e 25,2 na casca e 63,2, 0,4 e 6,4 no miolo.

Ho, Azis e Azahari (2013) ao avaliarem a cor de pão de forma adicionado de 10% farinha do pseudocaule da banana (FBP) com adição de goma xantana (XG) e com adição de carboximetilcelulose sódio (CMC) encontram menores valores para L^* (54,41, 58,50) em relação ao controle (61,74). O mesmo foi observado em relação à cor do miolo. Os valores de a^* para o miolo do pão controle (-0,26) foi negativo, o que indica que as tonalidades vermelhas não estavam presentes, que foi significativamente diferente dos pães contendo FBP (1,50-1,76), já para a casca os valores foram significativamente mais elevados para o pão controle (15,72) do que para as amostras substituídas com FBP (12,89-14,29). A substituição de FBP resultou em maior b^* (14,12-15,10) do miolo de pão do que o pão controle (11,50). No entanto, este resultado não foi observado na crosta do pão, em que os pães contendo FBP (25,71-27,14) demonstraram mais baixos do que os valores de b^* do pão controle (29,42).

3.5.1.4 Umidade

A umidade, segundo a RDC n. 90/00 do INMETRO, não deve ultrapassar a 38%, considerando a massa livre de recheio e cobertura (BRASIL, 2000). A perda e o ganho de umidade vão ocorrer continuamente, de uma região para outra, como forma de equilíbrio dinâmico entre os componentes e o meio (LABUZA, HYMAN, 1998).

O teor de umidade em excesso, deixa os produtos panificados grudentos e borrachudos, alterando sua textura, além de aumentar a atividade microbiana (FERREIRA, OLIVEIRA, PRETTO, 2001). No caso do pão francês, esta prática não chega a representar risco sob o ponto de vista sanitário, já que o pão francês é consumido muito rápido apresentando tempo curto de permanência na prateleira (BRASIL, 2000).

Algumas alterações no teor de umidade ocorrem em pães, vinculadas às condições de armazenamento, embalagem, temperatura tais como: perda de crocância devido à absorção ou migração da água do miolo para a crosta; aumento da dureza em pães devido à perda de água para a atmosfera; aumento da dureza devido à perda de água no processo de retrogradação do amido; tendência ao esfarelamento devido às alterações na coesividade e modificações (normalmente perda) no aroma e sabor (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2003).

Feitosa (2013), ao analisar o teor de umidade do pão francês comercializado em doze panificadoras do município de João Pessoa (Brasil), observou variação de 18,9% a 31,7%, estando às médias situadas entre 22,21% e 28,76% com predominância de valores abaixo de 26% em oito panificadoras, indicativos de baixa umidade.

O teor de umidade comumente observado no pão francês situa-se em torno de 30% (FERREIRA, OLIVEIRA; PRETTO, 2001; OLIVEIRA; PIROZI; BORGES, 2007; BORGES et al., 2011), entretanto, valores mais baixos têm sido citados por outros autores. Castro et al. (2009) verificaram neste tipo de pão, elaborado em panificadoras do município de Marabá (Brasil), umidade variando de 18,2% a 40,1%. Nas tabelas de composição de alimentos da Universidade de São Paulo – USP (2008) e do Agricultural Research Service – USDA (2012) são citados os valores 20,8% e 27,8%, respectivamente.

3.5.1.5 pH e acidez

O pH e acidez do pão estão relacionados com os tipos e concentrações das culturas de microrganismos responsáveis pela fermentação, com o teor de Resíduo Mineral Fixo (RMF) da farinha, tempo e temperatura de fermentação, além da concentração de sal na massa (ROBERT et al., 2006). Oura, Soumalainen e Viskari (1982) consideram pH de 5,3 a 6,2 como adequados para pães e Quaglia (1991) estabelece como ótimo para pão tipo francês pH igual a 5,6.

A adição de bactérias lácticas influencia no pH e acidez titulável do pão. Plessas et al. (2011) ao estudarem a incorporação de bactérias lácticas à massa do pão, encontraram resultados de pH variando de 3,9 a 4,7. Com relação à acidez, foram verificados na literatura, valores entre 1,53 e 3,17 mL NaOH 0,1N.10g⁻¹ pão para pães adicionados somente de levedura de padaria (*Saccharomyce cerevisiae*) (QUÍLEZ, RUIZ, ROMERO, 2006). Entretanto, quando foram adicionadas bactérias lácticas e leveduras à massa, foi verificado

que o pH e a acidez variaram de 4,92 a 5,33 e 3,38 a 5,13 mL de NaOH 0,1N/10 g de pão, respectivamente (BARBER et al., 1990).

Surówka et al. (2012) ao investigarem o efeito de uma atmosfera modificada (60% de CO₂ e 40% de N₂) sobre a qualidade e vida de prateleira de pão integral enriquecido com cálcio verificaram que a acidez do pão mostrou uma ligeira tendência para aumentar durante o período de armazenagem, no entanto, o grau de mudança era insuficiente para ter um efeito perceptível no sabor e o aroma. Não foram observadas alterações no pH ao longo do período de armazenamento, permanecendo mais ou menos constante em torno de 5,65.

3.5.2 Características sensoriais

A qualidade sensorial do pão é uma dimensão importante da qualidade do produto total, é registrada pelos sentidos humanos da visão, olfato, paladar, audição e tato, e pode ser avaliada por métodos afetivos (subjetiva) como teste de aceitação dos consumidores; e métodos analíticos (objetiva) (MEILGAARD, CIVILLE, CARR, 1999).

Os métodos analíticos são utilizados para treinar e ou orientar os julgadores uma vez que os mesmos devem dispor de um nível mínimo de acuidade sensorial (MURRAY et al., 2001). O treinamento dos julgadores tem como objetivo desenvolver a memória sensorial em relação aos atributos, permitindo que o julgador identifique e reconheça sabores, aromas e texturas e, assim possa avaliar os produtos e descrevê-los qualitativamente e quantitativamente de forma consistente e reproduzível (DUTCOSKY, 2011).

A Análise Descritiva Quantitativa apresenta-se como uma metodologia que proporciona a obtenção de uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (LAWLESS, HEYMANN, 1999). Possui inúmeras aplicações, como por exemplo: o acompanhamento de produtos concorrentes, testes de armazenamento de produtos para verificar possíveis alterações no decorrer do período, desenvolvimento de novos produtos, controle da qualidade de produtos industrializados, realizar relação entre testes sensoriais e instrumentais. Quando é associada ao estudo afetivo de consumidor, permite chegar-se a conclusões de extrema importância, como saber quais as características sensoriais e em que intensidade estão presentes, nos produtos mais ou menos aceitos pelos consumidores, desta forma, é possível saber exatamente quais atributos devem

ser atenuados, intensificados, suprimidos ou colocados em um produto (STONE, SIDEL, 1993).

O método de análise descritiva quantitativa é composto pelas seguintes etapas: recrutamento de candidatos a julgadores; pré-seleção de julgadores; levantamento dos termos descritivos; treinamento dos julgadores; seleção final de julgadores; procedimento do teste de ADQ, representação tabular ou gráfico dos resultados e análise dos resultados (STONE, SIDEL, 1993).

A ADQ possui dois aspectos: o descritivo, que avalia a descrição das percepções associadas ao produto, e o quantitativo, que quantifica a intensidade dos atributos sensoriais na ordem em que são percebidos nos produtos.

Essa técnica tem sido cada vez mais amplamente utilizada na pesquisa de alimentos: o pão no vapor chinês (HUANG et al., 1995), pão de trigo fermentado (LOTONG, CHAMBERS, CHAMBERS, 2000), pão de sorgo (CARSON, SETSER, SUN, 2000), pães especiais (BATTOCHIO et al., 2006; HEENAN et al., 2009), pão orgânico (KIHLEBERG et al., 2006), pão prebiótico (BORGES, 2012), pão francês sem glúten (NADAL, 2013).

Battochio et al., (2006) avaliaram o perfil sensorial de pão de forma integral e foram encontrados 18 atributos sensoriais: cor marrom da casca, cor miolo bege, tamanho das bolhas, quantidade de grãos, aroma fermentado, aroma adocicado, aroma queimado da casca, aroma de trigo integral, sabor adocicado, sabor salgado, sabor integral, sabor residual de fermentado, mastigabilidade, maciez, umidade, fibrosidade, adesividade e elasticidade tátil.

Poinot et al. (2008) utilizou a análise descritiva para avaliar a influência dos ingredientes (diferentes fontes de trigo, a qualidade da farinha) e as condições de processamento sobre a qualidade do pão, já os autores Jensen, Oestdal, Thybo (2010) avaliaram a vida útil prolongada de pão. Alguns destes estudos mostram uma forte correlação entre a análise instrumental e sensorial (WANG, ZHOU, ISABELLE, 2007; LASSOUED et al., 2008).

Na Espanha, um estudo realizado por Elía (2011), desenvolveu uma metodologia para análise sensorial descritiva de diferentes tipos de pães, baseada em 46 termos, da qual 17 referentes à aparência, 9 ao aroma, 12 ao sabor e 8 para textura, analisando separadamente a casca e miolo dos pães. Os termos foram gerados por um painel de 10 provadores treinados durante o período de um ano. Esse estudo propôs uma metodologia padrão para análise sensorial de pão, visando facilitar a comunicação entre os grupos de pesquisa, contribuindo com a melhoria de qualidade desse produto.

Os atributos sensoriais são usados por painéis treinados para descrever a qualidade do pão. Estes podem ser classificados em quatro grupos e tendem a ser percebidos na seguinte ordem: (1) a aparência; (2) aroma; (3) textura, e (4) sabor (KIHLEBERG et al., 2006; AHRNÉ et al., 2007; ABDULLAH, 2008; HAYAKAWA et al., 2009; PURLIS, 2012).

- Atributos de aparência ou atributos visuais

Este grupo inclui atributos percebidos pelo sentido humano da visão, como cor do miolo, cor da casca ou estrutura de miolo (SALMENKALLIO- MARTTILA et al., 2004).

A cor da crosta está altamente relacionada com reações de Maillard que ocorrem no forno durante o cozimento. A estrutura do miolo é determinada através de atributos como número de células do miolo, tamanho da célula do miolo e a homogeneidade da distribuição de tamanho da célula e porosidade e são altamente correlacionados com o teor de glúten da farinha e condições de fermentação. Eles têm uma grande influência sobre as propriedades de textura (SALMENKALLIO-MARTTILA et al., 2004). Utilizando um teste de aceitação do consumidor, descobriram que a estrutura do miolo do pão é responsável por aproximadamente 20% do julgamento da qualidade do pão. A percepção Visio tátil de textura do pão parece ser um critério decisivo de sua aceitação pelos consumidores (LASSOUED et al., 2008).

- Atributos de odor e sabor

O aroma característico do pão é sem dúvida um dos parâmetros mais importantes que influenciam a sua aceitação pelos consumidores (QUÍLEZ, RUIZ, ROMERO, 2006).

O odor de pão é determinado por substâncias aromáticas percebidas pela rota retronasal. O perfil aromático de pães contribui simultaneamente ao odor e sabor. O sabor abrange as impressões percebidas através dos sentidos químicos a partir de um produto na boca. Definido desta forma, o sabor também inclui as percepções olfativas causadas por substâncias voláteis percebidos na cavidade nasal (via retronasal). As percepções gustativas causadas por substâncias solúveis percebidos como gostos básicos estimulam as terminações nervosas. Assim, o sabor é a percepção simultânea de odor, sabor e resposta ao nervo trigêmeo (LAWLESS, HEYMANN, 1999).

- Atributos de textura

Em produtos fermentados assados, a textura do miolo do pão está fortemente relacionada com a percepção de qualidade e parece ser um critério decisivo de sua aceitação pelos consumidores (GAMBARO, VARELA, GIMENEZ, 2002; LASSOUED et al., 2008). Assim, miolo do pão pode ser descrito por propriedades de textura através de atributos, tais como suavidade e firmeza. Propriedades de textura são muito influenciadas pelo tamanho ou a estrutura das células do miolo e são fortemente determinadas pela quantidade e qualidade da proteína glúten na massa. Além disso, os atributos de textura, sem dúvida, contribuem fortemente para a percepção do frescor do pão por parte dos consumidores (HEENAN et al., 2008; JENSEN, OESTDAL, THYBO, 2010).

O pão francês é caracterizado por uma vida de prateleira relativamente curta, resultante de alterações físico-químicas por causa de retrogradação amido que levam a uma perda de frescura com um aumento na dureza e/ou firmeza do miolo (PATEL, WANISKA, SEETHARAMAN, 2005) e uma alteração da qualidade organoléptica do pão (POINOT et al., 2008; JENSEN, OESTDAL, THYBO, 2010).

Uma boa correlação entre as avaliações sensoriais de frescura do pão e medições instrumentais de deformação mecânica durante a compressão foi encontrado por Lassoued et al. (2008). Parâmetros sensoriais como dureza e elasticidade são geralmente avaliados e boas correlações são normalmente encontradas com os parâmetros instrumentais determinados pela análise de perfil de textura (GAMBARO, VARELA, GIMENEZ, 2002).

4. MATERIAL E MÉTODOS

A realização dos experimentos foi uma pesquisa aplicada, realizada *in loco*, desenvolvida em condições reais em uma empresa de panificação localizada no município de João Pessoa-PB. As análises sensoriais, as análises microbiológicas e as análises físicas foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial, no Laboratório de Microbiologia e no Laboratório de Análises Físico-químicas respectivamente, ambos do Centro de Tecnologia (Campus I – João Pessoa/PB). As análises de textura e minerais foram realizadas, no Laboratório de Medidas Físicas e no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (Campus Campina Grande).

4.1 MATÉRIAS-PRIMAS E INSUMOS

Toda matéria-prima utilizada foi fornecida pela panificadora Bonfim e o cloreto de potássio pela empresa Plury. A farinha de trigo utilizada foi a Medalha de Ouro (M. DIAS BRANCO). Os demais ingredientes e aditivos utilizados foram: Melhorador de farinha (ZEAS), Margarina (PRIMOR), Fermento fresco (FLEISHMAN), cloreto de sódio (CISNE), cloreto de potássio (PLURY).

4.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para avaliar o efeito da adição do cloreto de potássio e a redução do cloreto de sódio na produção do pão francês, foi utilizado um planejamento fatorial completo 2^2 , com níveis das variáveis independentes em -1, 0, +1, conforme valores indicados na Tabela 3. Tendo como variáveis independentes: % Cloreto de Sódio e a % de Cloreto de Potássio. E as variáveis dependentes: análises físicas e físico-químicas (umidade, pH, acidez, volume específico, cor da casca e do miolo, perfil de textura) e análise descritiva quantitativa (ADQ): cor da casca, pureza da cor da superfície, cor do miolo, estrutura do miolo, aroma fermentado,

sabor salgado, residual amargo, crocância da casca, maciez do miolo, mastigabilidade e umidade) conforme método de Box et al. (1978).

Tabela 3 - Valores reais e codificados das variáveis de entrada cloreto de sódio e cloreto de potássio para elaboração do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio.

Variáveis independentes	Níveis		
	-1	0	1
Cloreto de Sódio*	0,4%	1,0%	1,6%
Cloreto de Potássio*	0,2%	0,5%	0,8%

*Valores expressos em % de farinha de trigo

No total, foram realizados sete ensaios, sendo os quatro ensaios fatoriais e três pontos centrais. Na Tabela 4 encontra-se a matriz do planejamento experimental.

Tabela 4 - Matriz do planejamento fatorial $2^2 + 3$ ponto central para elaboração do pão francês com substituição parcial de cloreto sódio por cloreto de potássio.

Ensaio	Cloreto de sódio (%) X1	Cloreto de Potássio (%) X2
1	0,4 (-1)	0,2 (-1)
2	1,6 (+1)	0,2 (-1)
3	0,4 (-1)	0,8 (+1)
4	1,6 (+1)	0,8 (+1)
5	1,0 (0)	0,5 (0)
6	1,0 (0)	0,5 (0)
7	1,0 (0)	0,5 (0)

As faixas utilizadas neste trabalho para o NaCl e o KCl foram baseadas na literatura (BRASIL, 2012; CHARTON et al., 2007).

Os parâmetros de respostas foram determinados através de uma Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), na qual julgadores treinados descreveram os atributos sensoriais que caracterizaram as amostras e as quantificaram. Também foram determinados os parâmetros físicos e físico-químicos de qualidade do pão francês.

Para cada resposta obtida foi realizada uma Análise de Variância através de regressão linear, para verificar a influência dos fatores sobre os valores obtidos, além de verificar se houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos. O modelo de regressão utilizado está representado na Equação 1.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1 x_2 \quad (1)$$

Onde:

y = variável resposta;

β_i = estimadores dos parâmetros do modelo;

x_i = fatores codificados (variáveis independentes).

Nos casos em que houve diferença estatisticamente significativa, foram geradas as superfícies de resposta, a fim de visualizar a faixa de otimização. Os cálculos da ANOVA e os gráficos foram obtidos através do programa Statistica versão 5.0 (STATISTICA, 2004).

4.3 PRODUÇÃO DOS PÃES

4.3.1 Formulação

Foram realizados sete experimentos partindo-se de uma formulação padrão de pão francês (Tabela 5), utilizando água filtrada (1,6 L - 40%), gelo (0,5 kg - 12,5%), margarina (50 g - 1,25%), fermento (10 g - 3%), melhorador de farinha (40 g - 1%), farinha de trigo (4000 g - 100%). As porcentagens dos ingredientes foram calculadas tendo como base a quantidade de farinha de trigo (100%). Os teores de NaCl e KCl variaram de acordo com a matriz do planejamento experimental (Tabela 4).

Tabela 5 - Formulação do pão francês

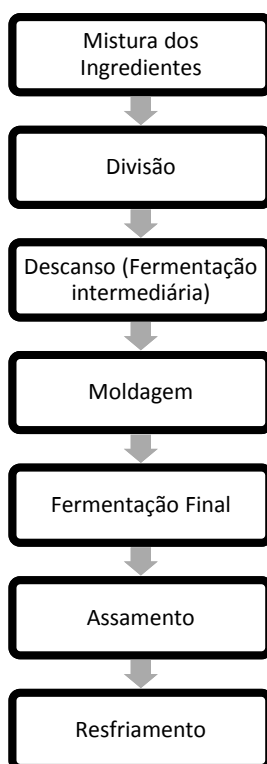
Ingredientes	% base seca farinha
Farinha de trigo	100%
Água	40 %
Gelo	12,5%
Fermento	3,00%
Margarina	1,25%
NaCl*	*
KCl**	**
Melhorador de Farinha	1,00%
* A quantidade de NaCl variou conforme planejamento experimental	
** A quantidade de KCl variou conforme planejamento experimental	

4.3.2 Processo

A produção dos pães seguiu o processo de massa direta, com bateladas de 4,0 kg de farinha de trigo (Figura 3). Os ingredientes foram misturados em masseira Suprema (modelo SR 15, São Paulo, Brasil). Essa etapa foi realizada em duas fases: velocidade lenta (90 rpm) por 5 minutos, e velocidade rápida (180 rpm) por 5 minutos, até que a massa alcançasse o completo desenvolvimento do glúten. Foi utilizada água na temperatura de aproximadamente 10 °C para obtenção de massa com temperatura final em torno de 28 °C. O gelo foi adicionado para controlar a temperatura de fermentação. Após a mistura, a massa foi dividida em pedaços de 1,8 kg e subdividida em porções de 60 g e foram moldadas no formato de pão francês em modeladora modelo HM2 Hp 0,5 (Hypo, Ferraz de Vasconcelos, SP, Brasil), dispostas em telas metálicas e deixadas fermentar em câmara de fermentação com temperatura em torno de 32 °C e umidade relativa de 80%, pelo período de 8 horas onde foi

observado um crescimento no volume de aproximadamente duas vezes o seu volume inicial. Antes do início da moldagem houve um descanso da massa de 20 minutos, fixado pra todos os ensaios. Posteriormente, após a fermentação foi realizada o corte da superfície da massa e o assamento em forno elétrico com injeção de vapor por 10 minutos a 220°C. O resfriamento dos pães foi realizado em telas metálicas à temperatura ambiente.

Figura 3 - Fluxograma de produção de pão francês pelo método direto



4.4 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS

4.4.1 Textura

O perfil de textura dos pães foi realizado um dia após a sua fabricação com o auxílio do texturômetro modelo TA-XT2 (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), equipado com probe cilíndrico de compressão, com 36 mm de diâmetro e foi realizada sob as seguintes condições: velocidade pré-teste, do teste e pós- teste de 2,0 mm.s⁻¹, 5,0 mm.s⁻¹ e 5,0 mm.s⁻¹,

respectivamente; com distância de 20 mm, tipo de gatilho 20 g e tempo entre as duas compressões de 5 s. Os parâmetros de textura determinados foram: firmeza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade. Para análise desses parâmetros, as extremidades do pão francês foram removidas, resultando em um cilindro com aproximadamente 6,0 cm de comprimento. Foram realizadas 10 leituras de cada amostra (CARR, TADINI, 2003).

4.4.2 Cor da casca e do miolo

A análise de cor do pão francês foi realizada em três diferentes pontos na casca e no miolo, sendo os resultados de cada parte expressos pela média, utilizando o colorímetro digital modelo CR 300 (Minolta, New Jersey, USA). A cor foi determinada de acordo com o Sistema CIE-L*a*b* (Commission Internationale L'Eclairage) em que os parâmetros L* (luminosidade variando de 0 a 100), a* (-a* a a* indicando verde a vermelho) e b* (-b* a b* indicando azul a amarelo) foram analisados conforme metodologia de Altamirano-Fortoul, Rosell (2011).

4.4.3 Umidade

Para a análise de umidade, o pão foi triturado e homogeneizado (casca+miolo) pesando-se 2 g da amostra em cápsula de alumínio tarada. Os conjuntos (triplicata) foram colocados em estufa a 105°C por 24 horas. Após desidratação, foram mantidos em um dessecador contendo sílica-gel até atingir a temperatura ambiente, sendo então pesados. O procedimento de secagem e pesagem foi repetido até que um valor constante fosse obtido para cada amostra analisada; o teor de umidade foi calculado pela diferença entre o peso inicial e final das amostras e expresso em porcentagem (AOAC, 1997).

4.4.4 Determinação da composição mineral

Para determinação do resíduo mineral fixo (cinzas), um cadinho de porcelana foi aquecido a 550°C em forno mufla durante 30 minutos. Em seguida, o mesmo foi resfriado em dessecador e pesado. Pesou-se aproximadamente 5 gramas da amostra que foi carbonizada. Posteriormente, as amostras foram incineradas a 550°C em forno mufla durante 24 horas até obter cinzas com ausência de matéria orgânica. Resfriou-se em dessecador e logo em seguida, realizou-se a pesagem em balança analítica. O percentual de cinzas foi determinado dividindo-se o peso das cinzas (massa do cadinho com a amostra após incineração menos o peso do cadinho vazio) pelo peso da amostra antes da incineração e multiplicando o resultado por 100 (BRASIL, 2006).

Os minerais foram quantificados por fluorescência de raios-X por energia dispersiva (FRX) a partir das cinzas obtidas. De acordo com o princípio da técnica, o analisador irradia raios-X na amostra e o sistema detecta os sinais de fluorescência gerados. A energia de excitação utilizada foi de 50 keV e detector operando a -176°C. A amostra foi colocada em uma cubeta coberta por um filme de polipropileno de 5 µm de espessura. O equipamento utilizado foi o Shimadzu modelo EDX-720 (SANTOS, 2011).

4.4.5 Volume específico

O volume específico foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de paníço, calculando-se o resultado pela razão entre o volume (cm³) e massa do pão (g), sendo expresso em cm³.g⁻¹ (AACC 10-11, 2000). O cálculo do volume específico foi realizado utilizando a Equação 2.

$$V_{esp} = \frac{V}{m} \quad (2)$$

Onde:

V_{esp} é o volume específico (cm³.g⁻¹);

V é o volume do pão (cm³);

m é a massa do pão (g).

4.4.6 pH e Acidez

Para a determinação do pH e acidez, foram homogeneizados 10 gramas de cada amostra com 90 mL de água destilada, e o pH da suspensão resultante foi determinado utilizando potenciômetro modelo 0400 (Quimis, São Paulo, Brasil), previamente calibrado e operado de acordo com as instruções do fabricante. Em seguida, a suspensão foi titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,5. A acidez titulável foi expressa em mL de NaOH 0,1N consumido por 10g de pão (ROBERT et al., 2006).

4.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Foram realizados os controles microbiológicos estabelecidos pela legislação para produtos de panificação segundo RDC nº 12 de 02 de Janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), que aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Foram determinados: Número mais provável de Coliforme Totais e Termotolerantes e *Salmonella* sp.

- **Coliformes Totais e Termotolerantes:** O número mais provável foi quantificado a partir da metodologia descrita pela American Public Health Association (APHA, 2001). A amostra foi preparada diluindo-se 25 g da amostra em 225 mL de água peptonada (10^{-1}) e seguintes diluições (10^{-2} , 10^{-3}). O teste presuntivo foi realizado em tubos com caldo LST- Lauril Sulfato Triptose incubados a 35 °C por 24-48 h. Em cada tubo com presença de gás foi transferido uma alçada para a realização do teste confirmativo em tubos contendo caldo E.coli-EC (Coliformes Termotolerantes) incubados em banho-maria a 45,5 °C por 24 h, e em tubos caldo Verde Brilhante – VB (Coliformes Totais) incubados em estufa a 35 °C por 24-48 h. Os resultados foram expressos em Número Mais Provável por grama (NMP.g⁻¹) a partir da tabela de referência.

- ***Salmonella* sp:** A pesquisa de *Salmonella* foi realizada pelo método do Food and Drug Administration (FDA, 2011), que consiste inicialmente no pré-enriquecimento da amostra utilizando-se caldo lactosado a 35 °C por 24 h, seguido por etapa de enriquecimento seletivo com caldo Tetrionato e caldo Selenito Cistina. A próxima etapa foi inocular em Ágar

Bismuto Sulfito e Ágar Xilose Lisina Desoxicolato. As colônias típicas foram isoladas e submetidas a testes bioquímicos confirmatórios.

4.6 ANÁLISE SENSORIAL DESCRITIVA QUANTITATIVA

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Stone et al. (1974). A ADQ envolveu as etapas de pré-seleção de candidatos, desenvolvimento da terminologia descritiva, seleção final dos julgadores e avaliação final das amostras.

O teste foi realizado com prévia aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos (CAAE – 1503713.4.0000.5188), para atender as exigências éticas e científicas dispostas na Resolução 466/ 2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS, 2012) (ANEXO A). Os julgadores estavam cientes dos objetivos da pesquisa, segundo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE 1).

4.6.1 Recrutamento e pré-seleção dos candidatos

Inicialmente foi realizado um recrutamento entre indivíduos da comunidade acadêmica da Universidade Federal da Paraíba – Campus I, identificando os consumidores de pão francês e com interesse em participar da equipe de julgadores. Utilizou-se um questionário de recrutamento (Figura 4) contendo questões sobre o consumo de pão francês, relacionadas ao estado de saúde, faixa etária, disponibilidade de horário e direcionadas ao objetivo da análise descritiva. Após a análise dos questionários, selecionaram-se trinta e três respondentes apresentando boa saúde, disponibilidade de tempo e manifestado aceitação pelo produto.

Durante a pré-seleção, o poder discriminativo (capacidade de diferenciar as amostras sensorialmente) foi avaliado utilizando-se testes triangulares e comparação pareada com pães do tipo francês comercializados em padarias, além de testes de reconhecimento de gostos básicos e de habilidade com escalas.

Após a aplicação dos testes de pré-seleção dos 33 indivíduos que inicialmente demonstraram interesse em participar, 28 foram pré-selecionadas através dos seguintes requisitos:

- Responderam o questionário de recrutamento de forma clara, não demonstraram aversão ao produto, indicaram disponibilidade para a realização das análises (questões de saúde e de tempo) e assinaram o termo de consentimento em participar voluntariamente dos testes;

- Acertaram pelo menos 70% dos testes aplicados (MEILGAARD et al., 1999).

Figura 4- Questionário de Recrutamento.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
Questionário de recrutamento para análise sensorial de pão francês
Mestranda: Thaisa Abrantes da Silva Souza

Nome: _____ Telefone: _____
E-mail: _____

Faixa etária: () 21-30 () 31-40 () 41-50 () 51-60 () acima de 61
Gênero: () Feminino () Masculino

Grau de escolaridade:
() Ensino Médio () Ensino Superior () Pós-Graduação

Consome pão francês: () Sim () Não **Fumante:** () Sim () Não

Com que frequência você consome pão francês?
() Todos os dias () 2 a 3 vezes por semana () 1 vez por semana () 1 a 2 vezes por mês

Como consome pão francês?
Puro () Manteiga/Margarina () Queijo () Outros () Quais: _____

Indique o quanto você aprecia cada um destes produtos

Produto	Gosto	Indiferente	Não Gosto
Pão Francês	_____	_____	_____
Pão de Forma	_____	_____	_____
Pão de Queijo	_____	_____	_____

Qual destas frases mais combina com seu perfil de consumo de sal?
 Pouco sal no alimento não altera muito o sabor ()
 Aprecio alimentos moderadamente salgado ()
 Gosto de alimentos salgados, normalmente adicionando sal ao consumir ()

Descreva algumas características de sabor que você percebe em pães.

Existe algum alimento, condimento ou ingrediente pelo qual você apresenta intolerância, aversão ou alergia? Explique o motivo.

Você toma alguma medicação que afete seus sentidos, especialmente o paladar e o olfato? Se positivo, qual? _____
 É hipertenso? _____

Disponibilidade de horário para participar das seções de ADQ (Tem preferência por algum dia ou horário para as sessões) : _____

Existe algum dia ou horário no qual não possa participar das sessões de ADQ?

Cite um alimento que você considera:
 Muito Salgado: _____
 Pouco Salgado: _____
 Macio: _____

Obrigada!

Fonte: A Autora (2013).

4.6.2 Desenvolvimento da terminologia descritiva e treinamento dos julgadores

O levantamento dos termos descritivos da amostra foi realizado com os julgadores previamente selecionados (28 julgadores), utilizando o método Rede ou Grid segundo Moskowitz (1983). Três amostras de pão francês com diferentes formulações de NaCl e KCl foram servidas aos pares, para que os julgadores avaliassem as similaridades e as diferenças entre elas com relação a aparência, aroma, sabor e textura utilizando uma ficha de levantamento de termos. Nessa fase, os julgadores foram orientados a escreverem livremente, procurando sempre descrever as diferenças e semelhanças percebidas.

Os testes foram realizados em cabines individuais, sob luz branca, mantendo-se a mesma ordem de apresentação para todos os julgadores. Os pães foram servidos em porções de 50 g (que corresponde a uma unidade de pão francês), em guardanapos identificados com número de três dígitos aleatórios. Junto às amostras, foram servidas água de boa qualidade para a limpeza do palato.

A partir dos termos individuais foi elaborada uma lista contendo todos os termos descritivos que foram levantados, associados à frequência com que foram mencionados. Foram realizadas discussões em grupo, com o objetivo de avaliar os termos levantados, agrupar os semelhantes, selecionar o termo representante de cada grupo e decidir pela eliminação daqueles que não eram percebidos pela maioria dos provadores. Após as discussões em grupo, chegou-se a doze termos descritores e os materiais de referência foram providenciados.

O Quadro 2 apresenta a relação dos descritores, com suas respectivas definições e referências, que foi entregue a cada provador para ser utilizada nas etapas seguintes.

A ficha de avaliação descritiva contendo todos os termos foi elaborada utilizando uma escala linear não estruturada de 9 cm ancorada nos extremos com os termos de intensidade (clara/escuro; opaca/brilhante; fechada/aberta; nenhum/forte; pouco/muito). Na Figura 5 encontra-se um modelo da ficha descritiva.

Como uma última etapa de treinamento, todos os provadores analisaram todas as referências escolhidas e verificaram se estavam de acordo com todas as definições.

O treinamento da equipe foi realizado com 20 julgadores dos pré-selecionados, devido a desistência de oito membros da equipe. Foram utilizadas três das sete formulações a serem avaliadas (o ponto central, o ponto axial com maior teor de KCl e o ponto axial com

menor teor de NaCl). Durante as sessões, todas as referências foram dispostas em bancada, separadas por atributo, e ficando sempre disponíveis para avaliação pelos julgadores e foram orientados a experimentar as referências sempre antes de iniciar as avaliações e todas as vezes que tivessem dúvida.

Os testes foram realizados em cabines individuais, as amostras de pão foram servidas à temperatura ambiente, em porções de 50 g, de forma monádica, codificadas com números aleatórios de três dígitos. Cada amostra foi servida com três repetições para cada provador, seguindo um delineamento de blocos completos casualizados. Foram realizadas duas sessões, uma com cinco amostras e outra com quatro amostras, sendo servida água mineral entre as amostras.

Quadro 2- Terminologia dos termos descritores levantados na Análise Descritiva Quantitativa

TABELA DE REFERÊNCIAS PARA ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO FRANCÊS		
Termos Descritivos (Atributos)	Definição	Referências
Aparência (Casca)	Cor da Casca	Clara (Castanho claro): Pão francês com tempo de assamento mínimo Escura (Marrom escuro) : Pão francês com tempo de assamento máximo
	Pureza da cor da superfície	Opaca: Pão Egg-Sponge (Bisnaguinha) Brilhante: Pão doce
	Abertura da Pestana	Fechada: Pão Francês com pestana fechada Aberta: Pão francês com pestana aberta
	Cor do Miolo	Fraco (branco puro): Farinha de trigo Forte (Levementemente creme): Farinha Láctea
Aparência (Miolo)	Estrutura do Miolo	Uniforme: Pão Egg-Sponge (Bisnaguinha) Não uniforme: Panetone
	Fermentado	Nenhum: água filtrada Forte: Fermento biológico em pasta
Sabor	Sabor Salgado	Nenhum: água filtrada Forte: Biscoito Salgado
	Residual Amargo	Fraco: (água filtrada) Forte (sabor amargo acentuado): Solução com 1% de cafeína
	Crocância da casca	Pouca (nenhum ruído): biscoito maisena imerso em água Muita (Apresenta ruído): Torrada
Textura	Maciez do Miolo	Fraco (pouca maciez): Biscoito água e sal Forte (Macio): Bolo Comercial
	Mastigabilidade	Pouco: Biscoito de goma (raivinha) Muito: Barra de Cereal
	Umidade	Pouco: Biscoito Água e Sal Muito: Bolo Comercial

Figura 5 – Ficha utilizada na Análise Descritiva Quantitativa do pão francês.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PÃO FRANCÊS	AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PÃO FRANCÊS
Nome: _____ Data: ____/____/____ Instruções: Por favor, prove, aspire e observe a amostra de pão francês e indique com um traço vertical o ponto que melhor reflete a sua resposta em relação aos atributos. Amostras: _____ APARÊNCIA (CASCA) Cor da Casca Clara Escura Pureza da Cor da Superfície Opaca Brilhante Abertura da Pestana Fechada Aberta APARÊNCIA (MIOLO) Cor do Miolo Fraco Forte Estrutura do Miolo Não Uniforme Uniforme AROMA Fermentado Nenhum Forte SABOR Sabor Salgado Nenhum Forte	SABOR Residual Amargo Nenhum Forte TEXTURA Crocância da Casca Pouca Muita Maciez do Miolo Fraco Forte Mastigabilidade Pouco Muito Umidade Pouco Muito
	OBRIGADA!!!

4.6.3 Seleção Final dos julgadores

Os resultados individuais de cada julgador, para cada atributo foram estatisticamente avaliados por análise de variância (ANOVA), tendo como fontes de variação amostras e repetições. Os critérios utilizados na seleção dos provadores foram: poder discriminativo, reprodutibilidade nos julgamentos e consenso com a equipe. Os níveis de significância (p) dos

valores de F_{amostra} e $F_{\text{repetição}}$ foram computados para cada provador, em cada atributo. Julgadores que mostraram boa capacidade discriminatória ($pF_{\text{amostra}} < 0,50$), boa reprodutibilidade ($pF_{\text{repetição}} \geq 0,05$) e consenso com a equipe ($> 80\%$ dos descritores) para maior parte dos atributos avaliados, foram selecionados para compor a equipe sensorial descritiva (STONE et al., 1974).

4.6.4 Avaliação sensorial das amostras

Para o desenvolvimento do perfil sensorial das amostras de pão francês, os 14 julgadores selecionados avaliaram as sete amostras com três repetições para cada uma. Foi utilizada a ficha de avaliação (Figura 5), a lista com as definições dos termos descritivos (Quadro 2) e as referências estabelecidas disponíveis para consulta. A Figura 6 ilustra a apresentação das amostras e os descritores na cabine sensorial. As amostras foram avaliadas em quatro sessões, sendo servidas seis amostras nas três primeiras sessões e três amostras na última sessão. A ordem de apresentação das amostras, dentro de cada sessão, foi balanceada entre os julgadores com o objetivo de minimizar o efeito da ordem de apresentação nos julgamentos dos julgadores. As amostras foram servidas de forma monádica, acompanhadas de água para lavagem do palato. Foram seguidos os mesmos critérios e mantidas as mesmas condições empregadas durante o preparo e apresentação das amostras na etapa de seleção de provadores descrita anteriormente.

Figura 6 - Apresentação da amostra e dos padrões dos atributos sensoriais.



Fonte: A Autora (2013).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) utilizando o software Statistica versão 5.0 (STATISTICA, 2004), onde, a partir deste, foram estimados os efeitos das variáveis estudadas e determinados os coeficientes dos modelos para as respostas experimentais. Toda análise estatística foi realizada ao nível de confiança de 95% ($p \leq 0,05$). A partir da equação de regressão obtida, foram tiradas as superfícies de resposta, para obtenção dos pontos ótimos do experimento, cujo resultado desejado será o pão com a melhor substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio, que apresente as mesmas características do pão padrão, que utiliza apenas o cloreto de sódio em sua formulação.

As respostas sensoriais foram avaliadas pela metodologia da Análise de Componentes Principais (ACP), utilizando-se os programas estatísticos The Unscrambler 9.7 e Matlab R2008a.

Os valores obtidos na análise de minerais foram avaliados estatisticamente pela ANOVA (análise de variância) e aplicado o teste de Tukey para verificação da existência de

diferenças estatísticas entre as médias com nível de significância de 0,05, utilizando-se o pacote estatístico Statística versão 5.0 (STATISTICA, 2004).

REFERÊNCIAS

AACC (2000). Approved methods of the AACC (8th ed). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. Method nº 10-11.

ABDULLAH, M. Z. **Quality evaluation of bakery products – Computer vision technology for food quality evaluation**. Editora: D.-W. Sun, Burlington, EUA, 2008.

ABIA – **Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação**. Disponível em: <<http://www.abia.org.br/vst/default.asp>> Acesso em: 02 abr. 2013.

ABIMA - **Associação Brasileira da Indústria de Massas Alimentícias**. Disponível em: <<http://www.abima.com.br>> Acesso em: 02 abr. 2013.

ABIP - **Associação Brasileira da Indústria de Panificação**. Disponível em: <<http://www.abip.org.br>> Acesso em: 25 abr. 2012.

ABITRIGO - **Associação Brasileira da Indústria de Trigo**. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/>> Acesso em: 02 abr. 2013.

AHRNÉ, A.; ANDERSSON, C. G.; FLOBERG, P.; ROSÉN, J.; LINGNERT. Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: Steam and falling temperature baking. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v. 40, p. 1708- 1715, 2007.

ALBERTI, K. G.; ECKEL, R. H.; GRUNDY, S. M.; ZIMMET, P. Z.; CLEAMAN, J. I.; DONATO, K. A. Harmonizing the metabolic syndrome a joint interim statement of the international Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart Federation; International Atherosclerosis Society and International Association for the Study of Obesity. **Circulation**, v.120, n.16, p.1640-1645, 2009.

ALMEIDA, A. C. **O bom pão francês**. Disponível em: <www.panificacaobrasileira.com.br/artigos> Acesso em: 04 out. 2013.

ALTAMIRANO-FORTOUL, R.; ROSELL, C. M. Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage. **Food Science and Technology**, v. 44, p. 631-636, 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4ed. Washington, DC, 2001.

ANDERSON, C. A.; APPEL, L. J.; OKUDA, N.; BROWN, I. J.; CHAN, Q.; ZHAO, L. Dietary sources of sodium in China, Japan, the United Kingdom, and the United States, women and men aged 40 to 59 years: the Intermop study. **Journal American Dietary Association**, v.110, n.5, p.736-745, 2010.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed. Gaithersburg: AOAC, 1997.

BARBER, C. B.; MARTINEZ-ANAYA, M. A.; PITARCH, B.; BAYARRI, P. Microflora of the sourdoughs of wheat flour Bread. X. Interactions between yeasts and lactic acid bacteria in wheat doughs and their effects on Bread quality. **Cereal Chemic**, v. 67, n. 1, 1990.

BÁRCENAS, M. E.; O-KELLER, J. D.; ROSELL, C. M. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch). **Journal of Food Engineering**, v. 94, p.241–247, 2009.

BATTOCHIO, J. R.; CARDOSO, J. M. P.; KIKUCHI, M.; MACCHIONE, M.; MODOLO, J. S.; PAXÃO, A. L.; PINCHELLI, A. M.; SILVA, A. R.; SOUSA, V. C.; WADA, J. K. A. Perfil Sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v.26, n.2, p.428–432, 2006.

BOLHUIS, D. P.; TEMME, E. H. M.; KOEMAN, F. T.; NOORT, N. H. M.; KREMER, S.; JANSSEN, A. M. A 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**, 141, p.2249-2255, 2011.

BONNARDEL, P., MAITRE, H. La technologie boulangère du pain français précuit. **Industries des Céréales**, v. 5, p. 31-37, 1987.

BORGES, P. K. S. **Perfil sensorial e aceitação de pães formulados com prebióticos**. 2012. 81p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos)- Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto-SP.

BORGES, J. T. DA S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D. DE; RAMOS, D. L.; CHAVES, J. B. P. Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 1, jan/jun. 2011.

BORTOLOTTI, C. M. **Caracterização de farinhas de cevada e o efeito da sua incorporação sobre a qualidade do pão de forma**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2009.

BOURNE, M. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2002.415p.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters. An introduction designs, data analysis and model building**. Nova York: Wiley, 1978.

BRASCHI, A.; GILL, L.; NAISMITH, D. J. Partial substitution of sodium with potassium in white bread: Feasibility and bioavailability. **International Food Sciences and Nutrition**, v.60, p.507-521, 2009.

BRASIL – **Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**. Guia de boas práticas nutricionais pão francês. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>> Acesso em: 02 abr. 2013.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico, padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm >. Acesso em: 14 out. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 90, de 18 de outubro de 2000. **Aprova o regulamento técnico para a fixação de identidade e qualidade de pão**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, out. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Diretoria Colegiada da ANVISA/MS estabelece a iodação do sal considerado próprio para consumo. Resolução RDC nº 130, de 26 de maio de 2003. Diário Oficial da União. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/130_03rdc.htm > Acesso em: 03 abr. 2013.

BROWN, I. J; TZAULAKI, I.; CANDEIAS, V.; ELLIOT, P. Salt intakes around the world: implications for public health. **International Journal Epidemiol**, v.38, n.3, p.791-813, 2009.

CALLEJO, J. M. Present situation on the descriptive sensory analysis of bread. **Journal of Sensory Studies**, v.26, n.4, p.255-268, 2011.

CARR, L. G, RODAS; M. A. B.; DELLA TORRE, J.C.M.; TADINI, C. C. Physical, textural and sensory characteristics of 7- day frozen part - baked French bread. **Lebensmittel – Wissenschaft und –Technologie**, v.39, p. 540–547, 2006.

CARR, L. G.; TADINI, C. C. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and texture parameters of frozen part baked French bread. **Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie**, v. 36, n. 6, 2003.

CARSON, L.; SETSER, C.; SUN, X. S. Sensory characteristics of sorghum composite bread. **International Journal Food Science Technology**, v.35, n.5, p.465–471, 2000.

CARSON, L.; SUN, X. S. Creep-recovery of bread and correlation to sensory measurement of textural attributes. **Cereal Chemistry**, v.78, n.1, p.101–103, 2001.

CASTANHEIRA, I.; FIGUEREDO, C.; ANDRÉ, C.; COELHO, I.; SILVA, T. A.; SANTIAGO, S.; FONTES, T.; MOTA, C.; CALHAU, A.M. Sampling of Bread for added sodium as determined by flame photometry. **Food Chemistry**, v.113, p.621-628, 2009.

CASTRO, E. M.; DANTAS, A. A. S.; DA CUNHA, M. A. E.; SANTOS, E. R. Avaliação da qualidade do pão francês fabricado no município de Marabá-PA, **Higiene Alimentar**, v. 23, n.168/169, jan/fev.2009.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Ed. 2a, Campinas, Editora Unicamp, 2003.

CHARTON, E. K.; MAC GREGOR, E.; VORTES, H.N.; LEVITT, S. N.; STEY, K. Partial replacement of NaCl can be achieved with potassium, magnesium and calcium salts in brown bread. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.58, n.7, p.508-521, 2007.

CURIC, D.; NOVOTNI, D.; SKEVIN, D.; ROSELL, C. M.; COLLAR, C.; LE BAIL, COLICBARIC, I.; GABRIC, D. Design of a quality index for the objective evaluation of bread quality: Application of wheat breads using selected bake off technology for bread making. **Food Research Internacional**. v. 41, p. 714-719, 2008.

DICKINSON, B. D.; HAVAS, S. Reducing the population burden of cardiovascular disease by reducing sodium intake: a report of the Council on Science and Public Health. **Arch Intern Med**, v.167, p.1460–1468, 2007.

DÓTSCH, M., BUSCH, J., BATENBURG, M., LIEM, G., TAREILUS, E., MUELLER, R. Strategies to reduce sodium consumption: a food industry perspective. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** v.49, p. 841–851, 2009.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3 ed. rev. Curitiba: Champagnat, 2011.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. Fundamentos da tecnologia de panificação - **Série Tecnologia Agroindustrial**. São Paulo: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia Agroindustrial, p. 349, 1982.

ELÍA, M. A procedure for sensory evaluation of bread: protocol developed by a trained panel. **Journal of Sensory Studies**, v. 26, p. 269-277, 2011.

ESTELLER, M. S. **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento**. 2004. Dissertação (Mestre em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. da S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, out./ dez. 2005.

FEITOSA, L. R. G. F.; MACIEL, J. M., BARRETO, T. A., MOREIRA, R. T. Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 693-704, 2013.

FERNÁNDS-GINÉS, J. M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A. Meat products as functional foods: a review. **Journal of Food Science**, v.70, p.37-43, 2005.

FIELDING, S.; LOCKE, K.W. Choline-containing compositions as salt substitutes and enhancers and a method of preparation. **Interneuron Pharmaceuticals Inc.** (US 5206049), 1993.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). Bacteriological Analytical Manual- BAM. 2007. Disponível em:

<<http://www.fda.gov/downloads/food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/UCM244774.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2013.

FRANCO, V.; OPARIL, S. Salt sensitivity, a determinant of blood pressure, cardiovascular disease and survival. **Journal Am coll Nutr**, v.25, n.3, p.247-255, 2006.

FRASSETTO, L. A.; MORRIS, R.C.; SELLMAYER, D. E.; SEBASTIAN, A. Adverse effects of sodium chloride on bone in the aging human population resulting from habitual consumption of typical American diets. **Journal Nutr**, v.138, 2008.

FRIEDMAN, H. H.; WHITNEY, J.E.; SZCZESNIAK, A. S. The texturometer-a New instrument for objective texture measurement. **Jornal of Food Science**, v.28, p.390-396, 1963.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T.R.; ARENDT, E.K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 153–161, 2003.

GÁMBARO, A.; VARELA, P.; GIMENEZ, A. Textural quality of white pan bread by sensory and instrumental measurements. **Journal Texture Studies**, v.33, p.401–413, 2002.

GELEIJNSE, J. M.; KOK, F. J.; GROBBEE, D. E. Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: a metaregression analysis of randomised trials. **J Hum Hypertens**, v.17, p.471–480, 2003.

GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Technology**, v. 54, n.2, p. 62-63, 2000.

HAYAKAWA, E.; UKAI, N.; NISHIDA, J.; KAZAMI, Y.; KOHYAMA, K. Lexicon for the sensory quality description of French bread in Japan. **Journal Sensory Studies**, v. 25, n. 1, p. 76- 93, 2010.

HE, H.; ROACH, R. R.; HOSENEY, R. C. Effect of nonchaotrophic salts on flour bread-making properties. **Cereal Chemistry**, v.69, p.366–371, 1992.

HEENAN, S. P.; DUFOUR, J.; HAMID, N.; HARVEY, W.; DELAHUNTY, C. M. The sensory quality of fresh bread: Descriptive attributes and consumer perceptions. **Food Research International**, v.41, n.10, p.989–997, 2008.

HILLEGE, H. L.; FIDLER, V.; DIERCKS, G. F.; VAN GILST, W. H.; DE ZEEUW, D.; VAN VELDHUISEN, D. J.; GANS, R. O.; JANSSEN, W. M.; GROBBEE, D. E.; DE JONG, P. E. Urinary albumin excretion predicts cardiovascular and noncardiovascular mortality in general population. **Circulation**, 106 (14): 1777-1782, 2002.

HO, L. H., AZIZ, N. A. A., AZAHARI, B. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak) pseudostem flour, **Food Chemistry**, v.39, n.1, p. 1-43, 2013.

HUANG, S.; QUAIL, K.; MOSS, R.; BEST, J. Objective methods for the quality assessment of northern-style chinese steamed bread. **Journal Cereal Science**, v.21, n.1, p.49–55, 1995.

IAL- Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008. v. 1, p. 371.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasileiro come menos arroz com feijão e mais comida industrializada em casa** (2010). Disponível em: <http://www.ibge.com.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1788&id_pagina=1>. Acesso em: 04 out. 2013.

IGNÁCIO, A. K. F.; RODRIGUES, J. T. D.; NIIZU, P. Y.; CHANG, Y. K. Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 1-11, 2013.

INDRANI, D.; RAO, V. Effect of additives on rheological characteristics and quality of wheat flour parotta. **Journal of Texture Studies**, v. 37, n. 3, p. 315-338, 2006.

JENSEN, S.; OESTDAL, H.; THYBO, A. K. Sensory profiling of changes in wheat and whole wheat bread during a prolonged period of storage. **Journal Sensory Studies**, v.25, p.231–245, 2010.

JESSICA, D.; MCNEELY, B.; GWEN, W.; DAVID, E. A. Dietary sodium effects on heart rate variability in salt sensitivity of blood pressure. **Physcophysiology**, v.45, p.405-411, 2008.

JOYE, I. J.; LAGRAIN, B.; DELCOUR, J. A. Use of chemical redox agents and exogenous enzymes to modify the protein network during breadmaking – A review. **Journal of Cereal Science**, v. 50, p. 11–21, 2009.

KEALY, T. Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi-solid foods. **Food Research International**, v. 39, p.265- 276, 2006.

KEARNEY, P. M.; WHELTON, M.; REYNOLDS, K.; MUNTNER, P.; WHELTON, P. K.; HE, J. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. **Lancet**, v.365, p.217-223, 2005.

KENNY, S.; WEHRLE, K.; DENNEHY, T.; ARENDT, E. K. Correlations between empirical and fundamental rheology measurements and baking performance of frozen bread dough. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 3, p. 421-425, 1999.

KIHLBERG, I.; ÖSTRÖM, A.; JOHANSSON, L.; RISVIK, E. Sensory qualities of plain white pan bread: Influence of farming system, year of harvest and baking technique. **Journal Cereal Science**, v.43, n.1, p.15–30, 2006.

LABUZA, T. P.; HYMAN, C.R. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Food Science and Technology**, v.9, p.47-55, 1998.

LARSSON, H. Effect of pH and sodium chloride on wheat flour dough properties: ultracentrifugation and rheological measurements. **Cereal Chemistry**, v.79, p.544–545, 2002.

LASSOUED, N.; DELARUE, J.; LAUNAY, B.; MICHON, C. Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. **Journal Cereal Science**, v.48, n.1, p.133–143, 2008.

LAUFER, E.; JENNINGS, G. L.; KORNER, P. I.; DEWAR, E. Prevalence of cardiac structural and functional abnormalities in untreated primary hypertension. **Hypertension**, v.13, n.2, p.151-162, 1989.

LAWLESS, H.; HEYMANN, G.V. **Sensory evaluation of foods**. 827 p, 1999.

LEVY-COSTA, R. B., SICHIERI, R.; PONTES, N. DOS S.; MONTEIRO, C. A. Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução (1974-2003). **Revista Saúde Pública**, v. 39, n. 4, 2005.

LOCKE, K. W.; FIELDING, S. Enhancement of salt intake by choline chloride. **Physiol Behav**, v.55, p.1039–1046, 1994.

LOPES, A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; MONTENEGRO, F. M.; FERREIRA JÚNIOR, P. G. Influência do uso simultâneo de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.307-312, 2007

LOTONG, V.; CHAMBERS, E.; CHAMBERS, D.H. Determination of the sensory attributes of wheat sourdough bread. **Journal Sensory Studies**, v.15, n.3, p. 309–326, 2000.

LUCHIAN, M. I.; CANJA, C. M. Effect of salt on gas production in bread dough. Bulletin of the Transilvania University of Brasov , v. 3, n. 52, 2010.

LYNCH, E. J.; DAL BELLO, F.; SHEERAN, E. M.; CASHMAN, K. D.; ARENT E. K. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. **Food Research Internacional**, v. 49, p. 885-891, 2009.

LYNCH, E. J.; DAL BELLO, F.; SHEERAN, E. M.; CASHMAN, K. D.; ARENT E. K. MACKAY, J.; MENSAH, G.A. **The Atlas of heart disease and stroke**. Geneva Switzerland: World Health Organization, 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3^a Ed., CRC Press, Boca Raton, FL., 1999.

MEZAÍZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; LAMBALLERIE, M. Optimization of gluten-free formulations for french-style breads. **Food Engineering and Physical Properties**, v. 74, n. 3, 2009.

MILLER, R. A.; HOSENEY, R. C. Role of salt in baking, **Cereal Foods World** , v. 53, p. 4-6, 2008.

MONDAL, A.; DATTA, A. K. Bread baking – A review. **Journal Food Engineering**. v. 86, p. 465-474, 2008.

MORRIS, R. C.; SEBASTIAN, A.; FORMAN, A.; TANAKA, M.; SCHMIDLIN, O. Normotensive salt sensitivity: effects of race and dietary potassium. **Hypertension**, v. 33, p.18-23, 2010.

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods: marketing and R& D approaches**. Westport: Food & Nutrition Press, 1983. 605 p.

MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Research International**, v.34, n.6, p.461-471, 2001.

NADAL, J. **Desenvolvimento e caracterização de pão sem glúten tipo francês**. 2013. 101f. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar e Nutricional)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

O SAL e seus substitutos. Disponível em <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/246.pdf> Acesso em: 04 out. 2013.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.18, n.2, p.141-150, abr/jun. 2007.

OURA, E.; SOUMALAINEN, H.; VISKARI, R. **Economyc Microbiology**, ed. A. H. Rose), Academic Press, London, v. 7, p. 87-146. 1982.

PATEL, B. K.; WANISKA, R. D.; SEETHARAMAN, K. Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in breadcrumb. **Journal Cereal Science**, v.42, p.173–184, 2005.

PLESSAS, S.; ALEXOPOULOS, A.; MANTZOURANI, I.; KOUTINAS, A.; VOIDAROU, C.; STAVROPOULOU, E.; BEZIRTZOGLU, E. Application of novel starter cultures for sourdough bread production. **Anaerobe**. v. 17, n. 6, p. 486-489, 2011.

POINOT, P.; ARVISENET, G.; GRUA-PRIOL, J.; COLAS, D.; FILLONNEAU, C.; LE BAIL, A.; PROST, C. Influence of formulation and process on the aromatic profile and physical characteristics of bread. **Journal Cereal Science**, v.48, n.3, p.686–697, 2008.

POVLSEN, I. L. Enzymatic modification, isolation and analysis of flour lipids. **AACC Annual Meeting**, Honolulu, 2008.

PRESIDENT AND FELLOWS OF HARVARD COLLEGE. Salt substitutes deserve a place at the table. **Havard Heart Letter**, v.17, p.4 - 4, 2006.

PURLIS, E. Baking process design based on modeling and simulation: Towards optimization of bread baking. **Food Control**, v. 27, p. 45-52, 2012.

PURLIS, E. Browning development in bakery products – A review. **Journal Food Engineering**, v. 99, p. 239-249, 2010.

PURLIS, E.; SALVADORI, V. O. Bread browning kinetics during baking. **Journal of Food Engineering**. v. 80, p. 1107–1115, 2007.

PURLIS, E.; SALVADORI, V. O. Modelling the browning of bread during baking. **Food Research International**, v. 42, p. 865–870, 2009.

QAROONI, J. **Flat bread technology**. New York, Chapman and Hall, 1996. 275 p.

QUAGLIA, G. **Ciência e tecnologia de la panificación**. Zaragoza: Acríbia, p.485, 1991.

QUÍLEZ, J.; RUIZ, J. A.; ROMERO, M. P. Relationships between sensory flavor evaluation and volatile and nonvolatile compounds in commercial wheat bread type baguette. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 6, 2006.

ROBERT, H.; GABRIEL, V.; LEFEBVRE, D.; RABIER, P.; VAYSSIER, Y.; FONTAGNÉ - FAUCHER, C. Study of the *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc* starters during a complete wheat sourdough breadmaking process. **Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie**, v. 39, p. 256- 265, 2006.

SABANIS, D.; LEBESI, D.; TZIA, C. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. **Food Science and Technology**, v.42, n.8, p.1380-1389, 2009.

SABANIS, D.; TZIA, C. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. **Food science and technology international**, v.17, n.4, p.279-291, 2011.

SABRY, M.O.D.S.; SAMPAIO, H.A.C.; SILVA, M.G.C. Consumo Alimentar de indivíduos hipertensos: uma comparação com o Plano DASH. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 22, n.2, p.121-126, 2007.

SAGPYA – **Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Pesca y Alimentacion**. Disponível em: < <http://www.alimentosargentinos.gov.ar> > Acesso em: 31 abr. 2013.

SALMENKALLIO-MARTTILA, M.; ROININEN, K.; AUTIO, K.; LÄHTEENMÄKI, L. Effects of gluten and transglutaminase on microstructure, sensory characteristics and instrumental texture of bread. **Agriculture Food Science**, v.13, p.138–150, 2004.

SANTOS, C. X. **Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA.

SANTOS JÚNIOR, H.C.M.; SILVA, W.S.; FOGACA, D.N.L.; RODRIGUES, L.B. Análise do perfil de textura de queijos de coalho condimentado com carne seca durante o tempo de armazenagem sob refrigeração. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 4, n.13, p. 117-122, 2012.

SARNO, F. **Estimativas do consumo de sódio no Brasil, revisão dos benefícios relacionados á limitação do consumo deste nutriente na síndrome metabólica e a avaliação do impacto de intervenção no local de trabalho**. Faculdade de Saúde Pública FSP. São Paulo, SP 2010.

SEBRAE – **SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Pequeno varejo alimentar, com panificadoras em destaque**. Disponível em: <<http://www.sebraesc.com.br/ideais/default.asp?vcdtexto=4460&%5E%5E>> Acesso em: 20 out. 2012.

SILVA, M. E. M. P.; YONAMINE, G. E.; MITSUIKI, L. Desenvolvimento e Avaliação de Pão Francês Caseiro sem Sal. **Brazilian Journal Food Technology**, v.6, n.2, p. 229-236, 2003.

SINDIPAN - Sindicato da Indústria de Panificação e Confeitaria de São Paulo e AIPAN – Associação das Indústrias de Panificação e Confeitaria de São Paulo. **Panorama Setorial**. Disponível em: < <http://www.sindipan.org.br/asp/consumoDePao.asp>.> Acesso em: 20 out. 2012.

SORAFIDIS, P. A.; BAKRIS, G. L. The antinatriuretic effect of insulin: an unappreciated mechanism for hypertension associated with insulin resistance? **American Journal Nephrol**, v.27, n.1, p.44-54, 2007.

SOSA, M.; FLORES, A.; HOUGH, G.; APRO, N.; FERREYRA, V.; ORBEA, M. M. Optimum Level of Salt in French-Type Bread. Influence of Income Status, Salt Level in Daily Bread Consumption, and Test Location. **Journal of food science**, v.73, n.8, p.392-397, 2008.

STATSOFT. **Statistica for windows**, Tulsa, USA, 2004.

STONE, H.; SIDEL, J. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 11, p. 24-34, 1993.

STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v.28, p.4-34, 1974.

SURÓWKA, K. F. M; MACIEJOSZEW. I; MACURA, M; MICHALCZYK, M. Quality and shelf life of calcium enriched wholemeal bread stored in a modified atmosphere. **Jounal of Ceral Science**, v.56, n.2, p. 418-424, 2012.

SZCZESNIAK, A. S. Sensory texture profiling – historical and scientific perspectives. **Food Technology**, v. 52, n. 8, p. 54-57, 1998.

TSUGANE, S. Salt, salted food intake, and risk of gastric cancer: epidemiologic evidence. **Cancer Science**, v.96, p.1-6, 2007.

USDA – Agricultural Research Service. **National Nutrient Database for Standard Reference** (2012) Disponível em: <<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/5423>> . Acesso em: 20 jun. 2013.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TBCAUSP 5.0**. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/resultado.asp?IDLetter=A&IDNumber=212>> . Acesso em: 20 jun. 2013.

VIEIRA, E.; OLIVEIRA, B. M. P. M.; SOARES, M. E.; PINHO, O. Estudo do teor de sódio em pão consumido no porto. **Revista Alimentação Humana**, v.13, p.97- 103, 2007.

WANG, R.; ZHOU, W. B.; ISABELLE, M. Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation. **Food Research International**, v.40, n.4, p.470–479, 2007.

WASH- World Action on Salt and Health (2005). Disponível em<
<http://www.worldactiononsalt.com/index.htm>> Acesso em: 01/04/2012.

WHO - World Health Organisation. (2007). **Reducing salt intake in populations**. Report of a WHO Forum and Technical Meeting. Geneva, Switzerland, WHO Document Production Services.

WHO- World Health Organisation (2003). **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. WHO Technical Report Series 916. Geneva, Switzerland.

WHO- World Health Organisation. (2004). **Global strategy on diet, physical activity, and health**. World Health Assembly (WHA57.17) held on May 22 2004.

WICK, C. D.; DANG, L. X.; JUNGWIRTH, P. Simulated surface potentials at the vapor-water interface for the KCl aqueous electrolyte solution. **The Journal of Chemical Physics**, v.125, p.024706-1 – 024706-4, 2006.

WU, J.; BETA, J.; CLARKE, H. Effects of salt and alkaline reagents on dynamic rheological properties of raw oriental wheat noodles. **Cereal Chemistry**, v.83, p.211–217, 2006.

XIE, J. X.; SASAKI, S.; JOOSSENS, J. V.; KESTELOOT. The relationship between urinary cations obtained from the Intersalt study and cerebrovascular mortality. **Journal Hum.Hypertens**, v.6, n.1, p.7-21, 1992.

YI, J.; KERR, W. L. Combined effects of dough freezing and storage conditions on bread quality factors. **Journal of Food Engineering**, v. 93, p. 495-501, 2009.

ZANONI, B.; PERI, C.; BRUNO, D. Modelling of browning kinetics of bread crust during baking. **Lebensmittel-Wissenschaftund -Technologie**, v. 28, n.6, p. 604–609, 1995.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1

Substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio: influência sobre os parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais do pão francês.

Substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio: influência sobre os parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais do pão francês

Thaís A. da Silva Souza^{a*}, Anatalha M. Alexandre^a, Nayara Gabriela G. de Souza^a, Katharina K. Barros Sassi^a, Ricardo T. Moreira^a.

^a Departamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

* Correspondência do autor: Tel: +558387873196

E-mail: ta_brantes@hotmail.com

Resumo

O pão francês é um dos alimentos mais consumidos no Brasil. Contudo, o elevado teor de sal presente neste alimento tem sido alvo de preocupação, sobretudo pela relação deste aditivo com o desenvolvimento da hipertensão arterial. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da redução de NaCl (0,4 a 1,6%) e da sua substituição parcial por KCl (0,2 a 0,8%) sobre as características físicas, físico-químicas e sensoriais no pão francês. Foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 , com 4 pontos fatoriais e 3 pontos centrais, totalizando 7 experimentos. As variáveis de resposta sabor salgado e mastigabilidade sensorial geraram modelos estatisticamente significativos. Os resultados indicaram faixas otimizadas de 0,2 a 0,5% de cloreto de potássio, e 1,0 a 1,6% para o cloreto de sódio, e comprovaram a viabilidade tecnológica de se produzir pão francês com até 50% de redução de sal (174,09 mg.50 g⁻¹), o que proporcionaria pães com a quantidade de sódio menores em relação a uma formulação padrão de 1,88% (306,5 mg.50g⁻¹) de sal, atendendo à previsão recomendada pela ANVISA para 2014.

Palavras-chave: hipertensão; prevenção; cloreto de potássio; pão francês.

Abstract

French bread is a type of most frequently consumed food in Brazil. However, the high amount of salt present in this food has been subject of concern, especially the relation of the additive with the development of Hypertension. The objective of this study was to evaluate the effects of the reduction of NaCl (0.4 to 1.6%) and its partial replacement by KCl (0.2 to 0.8%) on physical, physicochemical and sensory characteristics on French bread. The response variables salty flavor and sensory chewiness generated statistically significant models. The results showed optimal ranges of 0.2 to 0.5% of potassium chloride, and 1.0 to 1.6% sodium chloride, and demonstrated the technical feasibility of producing French bread with up to 50% reduction salt ($174,09 \text{ mg} \cdot 50\text{g}^{-1}$), which provide bread with minor amounts of sodium as compared to a standard formulation of 1.88% ($306.5 \text{ mg} \cdot 50\text{g}^{-1}$) salt, given the standards recommended by ANVISA for 2014.

Keywords: hypertension, prevention, potassium chloride, french bread.

1. Introdução

Os consumidores estão cada vez mais conscientes sobre a importância de uma alimentação saudável e do valor nutricional dos alimentos como condição para a boa saúde. Neste sentido, o consumo excessivo de algumas substâncias como o sódio tem sido cada vez mais discutido devido a sua relação com a hipertensão arterial, problema considerado típico de uma sociedade moderna.

A palavra tendência pode ser definida como a propensão dos indivíduos em modificar hábitos já estabelecidos. A ação é resultado dos amplos e complexos movimentos econômicos, sociais, culturais e políticos que se traduzem em constante influência na vida das pessoas. As tendências de “saudabilidade e bem-estar” originam-se em fatores tais como o envelhecimento das populações, as descobertas científicas que vinculam determinadas dietas às doenças, bem como a renda e a vida nas grandes cidades, influenciando a busca de um estilo de vida mais saudável. São diversos os segmentos de consumo que estão surgindo a partir dessas tendências, entre os quais produtos com teor reduzido de sódio (better-for-you) estão sendo valorizados pelos consumidores em diversos países (ITAL, 2012).

O acordo assinado pelo Ministério da Saúde brasileiro prevê a redução gradual de sódio em 16 categorias de alimentos, que devem ser cumpridas pela indústria de alimentos até 2014 e aprofundadas até 2016, levantando novamente a questão da importância da adequação

do consumo de sódio entre a população. Produtos como macarrão instantâneo, pão francês, caldos e temperos prontos, embutidos, carnes processadas e produtos industrializados oferecem uma quantidade abusiva deste componente (BRASIL, 2012).

O pão é um dos alimentos mais consumidos pelo homem. Estima-se que uma unidade de pão francês de 50 g, possui aproximadamente 320 mg de sódio (SILVA; YONAMINE; MITSUIKI, 2003; SOSA et al., 2003), sendo uma unidade deste tipo de pão, responsável por 15% da ingestão diária de sódio, recomendada pela OMS (2003), tornando este alimento um dos principais responsáveis pela ingestão de sódio em muitos países (DÖTSCH et al., 2009; BOLHUIS et al., 2011).

O cloreto de sódio desempenha um papel importante na produção do pão, influencia no comportamento do glúten, reforça a estrutura da massa, retarda a produção de gás, diminui a atividade de fermento na massa, e melhora o sabor de pão (MILLER, HOSENEY, 2008). Apesar da sua importância no processo de panificação, em alguns estudos analíticos internacionais os autores encontraram valores elevados de sal, apontando ser necessário reduzir o seu teor na indústria da panificação, por razões de saúde dos consumidores (VIEIRA et al., 2007).

Estudos verificaram que é viável diminuir até 99,7% do teor de sódio na formulação de pão de forma, sem que comprometa as propriedades reológicas, porém geram um impacto na aceitação sensorial por parte dos consumidores (SILVA, YONAMINE, MITSUIKI, 2003). Na Irlanda, foi possível produzir pães com 0,3% e 0,6% de sal em comparação ao controle (1,2% de sal) sem que compromettesse a reologia da massa e as características de qualidade (LYNCH et al., 2009).

Outra forma de reduzir o sódio é a substituição parcial por outro sal. O mais utilizado é o cloreto de potássio (KCl), que possui propriedades similares ao NaCl e é reconhecido como seguro, podendo ser usado sem perda da funcionalidade. Contudo, a adição de cloreto de potássio é restringida devido ao sabor amargo que confere ao produto quando em grandes quantidades. No pão integral, foi possível uma substituição de 55,2% de cloreto de potássio, 69,0% de cloreto de magnésio e 34,8% de cloreto de cálcio (CHARTON et al., 2007).

Sabendo que o excesso de sódio na alimentação é responsável por uma série de problemas de saúde, e considerando a necessidade de reduzir o teor de sódio em pães do tipo francês, propõe-se neste trabalho avaliar os efeitos da redução da concentração do teor de cloreto de sódio e da sua substituição parcial por cloreto de potássio sobre os parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais do pão francês.

2. Material e métodos

O experimento foi uma pesquisa aplicada, realizada *in loco*, desenvolvida em condições reais em uma empresa de panificação localizada no município de João Pessoa – PB.

2.1 Matéria-prima e formulação do pão francês

A formulação básica empregada na produção do pão tipo francês é apresentada na Tabela 1. O efeito da substituição do cloreto de sódio por cloreto de potássio foi analisado a partir de um planejamento fatorial 2^2 , com 4 pontos fatoriais (níveis ± 1) e três pontos centrais (nível 0), totalizando 7 experimentos (Tabela 2), tendo como variáveis independentes os teores de cloreto de sódio (0,4 a 1,6%) e os teores de cloreto de potássio (0,2 a 0,8%) em relação ao peso de farinha de trigo.

A escolha dos níveis de cloreto de sódio foi baseada no regulamento emitido pelo Ministério da Saúde, sobre a diminuição dos níveis de NaCl na formulação do pão francês (BRASIL, 2012). A escolha dos níveis de KCl foi baseada nos resultados positivos de estudos previamente realizados em pão francês (CHARTON et al., 2007; IGNÁCIO et al., 2013).

Tabela 1 - Formulação básica da massa de pão francês

Ingrediente	% base seca farinha
Farinha de trigo	100%
Água	40 %
Gelo	12,5%
Fermento	3,00%
Margarina	1,25%
NaCl*	*
KCl**	**
Melhorador de Farinha	1,00%

* A quantidade de NaCl variou conforme planejamento experimental

** A quantidade de KCl variou conforme planejamento experimental

Tabela 2 – Delineamento experimental

Ensaio	Cloreto de sódio (%) X1	Cloreto de Potássio (%) X2
1	0,4 (-1)	0,2 (-1)
2	1,6 (+1)	0,2 (-1)
3	0,4 (-1)	0,8 (+1)
4	1,6 (+1)	0,8 (+1)
5	1,0 (0)	0,5 (0)
6	1,0 (0)	0,5 (0)
7	1,0 (0)	0,5 (0)

2.2 Processo de fabricação do pão francês

A produção dos pães seguiu o processo de massa direta, com bateladas de 4,0 kg de farinha de trigo. Os ingredientes foram misturados em masseira Suprema (modelo SR 15, São Paulo, Brasil). Essa etapa foi realizada em duas fases: velocidade lenta (90 rpm) por 5 minutos, e velocidade rápida (180 rpm) por 5 minutos, até que a massa alcançasse o completo desenvolvimento do glúten. Foi utilizada água na temperatura de aproximadamente 10 °C para obtenção de massa com temperatura final em torno de 28 °C. Após a mistura, a massa foi dividida em pedaços de 1,8 kg e subdividida em porções de 60 g e foram moldadas no formato de pão francês em modeladora modelo HM2 Hp 0,5 (Hypo, Ferraz de Vasconcelos, SP, Brasil), dispostas em telas metálicas e deixadas fermentar em câmara de fermentação com temperatura em torno de 32 °C e umidade relativa de 80%, pelo período de 8 h onde foi observado um crescimento no volume de aproximadamente duas vezes o seu volume inicial. Antes do início da moldagem houve um descanso da massa de 20 minutos, fixado pra todos os ensaios. Posteriormente, após a fermentação foi realizada o corte da superfície da massa e o assamento em forno elétrico com injeção de vapor por 10 minutos a 220°C. O resfriamento dos pães foi realizado em telas metálicas à temperatura ambiente.

2.3 Análises físicas e físico-químicas

As amostras foram submetidas a análises de volume específico, umidade, cor da casca e do miolo, pH, acidez e perfil de textura.

O volume específico foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço, calculando-se o resultado pela razão entre o volume (cm³) e massa do pão (g), sendo

expresso em $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ (AACC 10-11, 2000). O teor de umidade foi analisado em estufa a 105°C até peso constante (AOAC, 1997). Para pH e acidez, homogeneizou-se 10 gramas de cada amostra com 90 mL de água destilada, e o pH da suspensão resultante foi determinado utilizando potenciômetro modelo 0400 (Quimis, São Paulo, Brasil), previamente calibrado e operado de acordo com as instruções do fabricante. Em seguida, a suspensão foi titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,5. A acidez titulável foi expressa em mL de NaOH 0,1N consumido por 10 g de pão (ROBERT et al., 2006).

A análise de cor do pão francês foi realizada em três diferentes pontos na casca e três no miolo, sendo os resultados de cada parte expressos pela média, utilizando o colorímetro digital modelo CR 300 (Minolta, New Jersey, USA), após sua calibração em uma cerâmica branca. A cor foi determinada de acordo com o Sistema CIE $L^* a^* b^*$ (Commission Internationale L'Eclairage) em que os parâmetros L^* (luminosidade variando de 0 a 100), a^* ($-a^*$ a a^* indicando verde a vermelho) e b^* ($-b^*$ a b^* indicando azul a amarelo) foram analisados (ALTAMIRANO- FORTOUL, ROSELL, 2011).

O perfil de textura dos pães foi realizado um dia após a sua fabricação, com o auxílio do texturômetro modelo TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), equipado com probe cilíndrico de compressão, com 36 mm de diâmetro. Os parâmetros de textura determinados foram firmeza (N), elasticidade, coesividade e mastigabilidade (J). A análise instrumental de textura foi realizada sob as seguintes condições: velocidade pré-teste, do teste e pós-teste de $2,0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, $5,0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ e $5,0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente; com distância de 20 mm, tipo de gatilho 20 g e tempo entre as duas compressões de 5 s. Para análise desses parâmetros, as extremidades do pão francês foram removidas, resultando em um cilindro com aproximadamente 6,0 cm de comprimento (CARR; TADINI, 2003).

Os teores de sódio e potássio foram quantificados por fluorescência de raios-X (FRX) a partir das cinzas obtidas. De acordo com o princípio da técnica, o analisador irradia raios-X na amostra e o sistema detecta os sinais de fluorescência gerados. O tubo de raios-X utilizado foi de ródio e a atmosfera de trabalho foi de nitrogênio líquido. A energia de excitação utilizada foi de 50 keV e detector operando a -176°C . A amostra foi colocada em uma cubeta coberta por um filme de polipropileno de 5 μm de espessura. O equipamento utilizado foi o Shimadzu modelo EDX-720 (SANTOS, 2011).

2.4 Avaliação Sensorial

O trabalho foi submetido ao comitê de ética e pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba- CCS/UFPB junto à plataforma Brasil, onde foi emitida a certidão para a execução das atividades sob nº 0280/13, CAAE: 1503713.4.0000.5188; todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando em participar voluntariamente dos testes, conforme exigido pela Resolução n.466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Os pães foram submetidos a análises microbiológicas, tomando-se como referência os critérios estabelecidos pela Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 da ANVISA (BRASIL, 2001). As amostras de pão francês foram submetidas a análises de número mais provável e Coliformes totais e termotolerantes e pesquisa de *Salmonella* sp (FDA, 2011).

A avaliação sensorial foi realizada por meio de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), técnica desenvolvida por Stone et al. (1974). Inicialmente foram recrutados 33 indivíduos voluntários entre grupos de alunos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba – CT/UFPB; após as etapas de pré-seleção e treinamento, foram selecionados 14 julgadores com base em sua capacidade discriminativa (pF amostras $< 0,50$), reprodutibilidade (pF repetições $> 0,05$) e consenso com a equipe ($> 80\%$ dos descritores).

Os atributos avaliados foram: cor da casca, pureza da cor da superfície, abertura da pestana, cor do miolo, estrutura do miolo, aroma fermentado, sabor salgado, residual amargo, crocância da casca, maciez do miolo, mastigabilidade e umidade. A avaliação dos atributos descritos foi realizada utilizando escalas não estruturadas de nove centímetros, ancoradas nas extremidades com os termos clara/escuro; opaca/brilhante; fechada/aberta; nenhum/forte; pouco/muito, cujas referências são descritas no Quadro 1.

Quadro 1- Definições e referências dos termos descritores escolhidos para avaliação das amostras.

TABELA DE REFERÊNCIAS PARA ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO FRANCÊS		
Termos Descritivos (Atributos)	Definição	Referências
Aparência (Casca)	Cor da Casca	Clara (Castanho claro): Pão francês com tempo de assamento mínimo Escura (Marrom escuro) : Pão francês com tempo de assamento máximo
	Pureza da cor da superfície	Opaca: Pão Egg Sponge (Bisnaguinha) Brilhante: Pão doce
	Abertura da Pestana	Fechada: Pão Francês com pestana fechada
	Cor do Miolo	Aberta: Pão francês com pestana aberta Fraco (branco puro): Farinha de trigo Forte (Levementemente creme): Farinha Láctea
Aparência (Miolo)	Estrutura do Miolo	Homogênea com células levemente alongadas, com paredes finas e sem buracos Uniforme: Pão Egg Sponge (Bisnaguinha) Não uniforme: Panetone
Aroma	Fermentado	Nenhum: água filtrada Forte: Fermento biológico em pasta
Sabor	Sabor Salgado	Nenhum: água filtrada Forte: Biscoito Salgado
	Residual Amargo	Fraco: (água filtrada) Forte (sabor amargo acentuado): Solução com 1% de caféina
	Crocância da casca	Pouca (nenhum ruído): biscoito maisena imerso em água Muita (Apresenta ruído): Torrada
	Maciez do Miolo	Fraco (pouca maciez): Biscoito água e sal Forte (Macio): Bolo Comercial
Textura	Mastigabilidade	Pouco: Biscoito de goma (raivinha) Muito: Barra de Cereal
	Umidade	Pouco: Biscoito Água e Sal Muito: Bolo Comercial

2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) utilizando-se o software Statistica versão 5.0 (STATISTICA, 2004), onde foram estimados os efeitos das variáveis estudadas e determinados os coeficientes dos modelos para as respostas

experimentais. A análise estatística foi baseada em um nível de significância de 95% ($p \leq 0,05$).

Para cada resposta, foi testado o modelo de 1ª ordem (Equação 1).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1 x_2 \quad (1)$$

Nessa equação, y representa a variável de resposta, os coeficientes x_1 e x_2 são as variáveis independentes do experimento, correspondendo às concentrações de cloreto de sódio e cloreto de potássio; β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes de interação de primeira ordem estimados no modelo estatístico.

As respostas sensoriais foram avaliadas pela metodologia da Análise de Componentes Principais (ACP), utilizando-se os programas estatísticos The Unscrambler 9.7 e Matlab R2008a.

Os valores obtidos na análise de sódio e potássio foram avaliados estatisticamente pela ANOVA (análise de variância) e aplicado o teste de Tukey para verificação da existência de diferenças estatísticas entre as médias com nível de significância de 0,05, utilizando-se o pacote estatístico Statística versão 5.0 (STATISTICA, 2004).

3. Resultados e discussão

3.1 Análises físicas e físico-químicas

Os resultados das análises físicas e físico-químicas do pão francês estão apresentados na Tabela 3, onde para as respostas umidade (UM), volume específico (VE), pH (pH), acidez (AC), cor da casca e cor do miolo (a^* , b^* , L^*) os dados experimentais não se ajustaram ao modelo testado (1ª ordem), não sendo possível estabelecer modelos significativos, indicando que o produto apresentou uniformidade entre os tratamentos estudados. O coeficiente de determinação (R^2), e os modelos matemáticos para todas as funções estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 - Respostas dos parâmetros físicos e físico-químicos de qualidade do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl)

Análises**	Ensaio						
	1	2	3	4	5	6	7
Umidade	30,62±0,42	30,76±1,00	31,37±1,09	29,98±0,48	31,04±0,33	31,70±0,07	31,82±0,25
pH	5,78±0,02	5,72±0,01	5,86±0,01	5,73±0,02	5,74±0,01	5,66±0,02	5,83±0,01
Acidez	2,83±0,09	3,46±0,05	3,10±0,05	3,40±0,15	2,76±0,06	3,63±0,05	3,20±0,06
Volume específico	7,38±0,29	6,07±0,07	6,98±0,43	6,50±0,64	6,95±0,32	6,69±0,44	7,20±0,10
L*	67,89±5,88	66,84±2,36	69,13±1,98	59,38±1,70	68,37±5,01	67,14±0,44	62,82±2,79
Cor Casca	a*	3,46±1,73	8,63±1,94	6,49±2,36	7,27±2,46	5,87±1,27	8,09±0,08
	b*	32,37±2,12	38,05±3,32	35,49±5,75	31,82±4,30	35,61±0,85	39,13±0,38
	L*	84,27±0,68	83,06±1,06	84,01±0,69	83,45±1,53	84,91±1,11	81,58±2,47
Cor Miolo	a*	-1,82±0,13	-1,68±0,07	-1,86±0,06	-1,32±0,09	-1,94±0,07	-1,86±0,13
	b*	15,46±1,30	16,07±0,31	14,88±0,38	16,31±0,56	15,24±1,28	14,68±1,16
		15,04±0,28					

L* (Luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde) e b* (intensidade de amarelo/azul) - Parâmetros de cor (CIELab).

** média da triplicata (± desvio padrão).

Tabela 4 - Modelo matemático e coeficiente de determinação (R^2) dos parâmetros físicos avaliados do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl).

Resposta	Modelo Matemático	R^2	F
Umidade	$31,04 - 0,31\text{NaCl} - 0,007\text{KCl} - 0,38\text{NaCl.KCl}$	0,386	0,628
Acidez	$3,20 + 0,23\text{NaCl} + 0,05\text{KCl} - 0,08\text{NaCl.KCl}$	0,402	0,672
pH	$5,76 - 0,05\text{NaCl} + 0,02\text{KCl} - 0,02\text{NaCl.KCl}$	0,435	0,771
Volume específico	$6,82 - 0,45\text{NaCl} + 0,007\text{KCl} + 0,21\text{NaCl.KCl}$	0,824	4,665
L* (casca)	$65,94 - 2,70\text{NaCl} - 1,56\text{KCl} - 2,18\text{NaCl.KCl}$	0,771	3,368
a* (casca)	$6,81 + 1,49\text{NaCl} + 0,42\text{KCl} - 1,10\text{NaCl.KCl}$	0,775	3,444
b* (casca)	$35,46 + 1,00\text{NaCl} + 1,00\text{KCl} + 1,00\text{NaCl.KCl}$	0,587	1,422
L* (miolo)	$83,53 - 0,44\text{NaCl} + 0,03\text{KCl} + 0,16\text{NaCl.KCl}$	0,133	0,153
a* (miolo)	$1,23 + 0,1\text{NaCl} + 0,08\text{KCl} + 0,10\text{NaCl.KCl}$	0,015	0,015
b* (miolo)	$15,38 + 0,51\text{NaCl} - 0,08\text{KCl} + 0,20\text{NaCl.KCl}$	0,559	1,268

R^2 - coeficiente determinístico, F- estatística F de Fischer, L*- Luminosidade, a*- intensidade vermelho/verde, b*- intensidade amarelo/azul

Os valores médios de pH e acidez dos pães variaram de 5,66 - 5,86 e de 2,83-3,63 mL de NaOH 0,1 N.10g⁻¹ de pão, respectivamente. Os valores de pH estão próximos ao valor considerado ótimo para pão tipo francês, que é de 5,60, recomendado por Quaglia (1991). Os pães também apresentaram acidez satisfatória, estando próximo do observado (1,5- 3,3 mL de NaOH 0,1 N.10g⁻¹ de pão) em pão francês adicionado somente de leveduras (QUÍLEZ, RUIZ,

ROMERO, 2006; BELZ et al., 2012). Esses mesmos autores observaram que a aceitação aumentava com a elevação no pH e redução na acidez.

O volume específico do pão francês pode variar bastante, chegando até $10 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, e pode ser influenciado pela quantidade e qualidade da farinha de trigo, incorporação de aditivos a massa como os oxidantes, redutores, enzimas, hidrocolóides e emulsificantes, pelo tempo de fermentação, entre outros (MEZAIZE et al., 2009). O volume específico dos pães estiveram acima de $6,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, estando entre $6,07$ a $7,38 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$. Lopes et al. (2007), encontraram valores entre $5,23$ a $6,00 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ao utilizarem diferentes proporções de ácido ascórbico e azodicarbonamida em formulações de pão francês. Ignácio et al. (2013) encontraram volumes específicos variando de $3,22$ a $4,06 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, em amostras com substituição de cloreto de sódio em 30 e 50% por cloreto de potássio em pão francês. Salovaara (1982), também encontrou valores de volume específico muito semelhantes entre pães com 2% de cloreto de sódio (referência) e com 40% de substituição por cloreto de potássio.

A Resolução - RDC n. 90, de 18 de outubro de 2000 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece um limite máximo de 38% de umidade para pães preparados, exclusivamente, com farinha de trigo comum e ou farinha de trigo especial (sêmola/semolina de trigo) (BRASIL, 2000). Os pães elaborados neste estudo obtiveram umidade entre 29,98 e 31,82%, sendo mais baixo que o recomendado pela referida resolução.

A média da luminosidade da casca do pão francês variou de 59,38 a 68,37, estando todos situados próximos a faixa de 60 a 78, intervalo considerado satisfatório (PURLIS, SALVADORI, 2009). Segundo Purlis (2011), pães com luminosidade em torno de 70 apresentam boa aceitação sensorial. Entretanto, valores abaixo de 60 resultam escurecimento excessivo e acima de 78 em coloração muito clara indicativa de cozimento insuficiente.

Em relação à média dos parâmetros de cromaticidade da casca do pão, foi verificado que a^* variou de 3,46 a 8,63 e b^* de 31,82 a 39,13. Esteller, Lannes (2005), ao avaliarem pão francês comercial, obtiveram para esses parâmetros médias 8,6 e 34,7 respectivamente. Com relação a essas características não foi verificado na literatura nenhum relato sobre valores recomendados em pão francês ou estudos que correlacionem valores desses parâmetros com análise sensorial.

O valor médio da luminosidade do miolo do pão variou de 81,58 a 84,97. Alguns fatores como tipo de farinha e proporção dos ingredientes utilizados, podem influenciar na cor do miolo (GALLAGHER, GORMLEY, ARENDT, 2003; SALGADO et al., 2011). Para os

parâmetros de cromaticidade do miolo foi observado que a média de a^* variou de -1,31 a -2,00 e de b^* variou de 14,68 a 16,31.

Os resultados da análise de perfil de textura (TPA) são apresentados na Tabela 5, onde para as respostas firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, os dados experimentais não se ajustaram ao modelo testado (1ª ordem), não sendo possível estabelecer modelos significativos, indicando que o produto apresentou uniformidade entre os tratamentos estudados. O coeficiente de determinação (R^2), e os modelos matemáticos para todas as funções estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 5 - Respostas dos parâmetros do perfil de textura do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl)

Ensaio	Firmeza* (N)	Mastigabilidade* (J)	Elasticidade* (mm)	Coesividade* (Adimensional)
1	9,53±0,85	5,46±1,12	0,87±0,07	0,65±0,05
2	7,46±0,91	4,14±0,54	0,93±0,16	0,63±0,04
3	7,30±1,76	5,61±1,63	0,85±0,05	0,63±0,06
4	7,85±1,22	5,71±0,71	0,94±0,02	0,73±0,06
5	7,66±1,01	4,91±0,96	0,93±0,05	0,69±0,02
6	6,51±0,93	5,59±0,89	0,94±0,02	0,77±0,07
7	8,55±1,81	5,35±1,15	0,91±0,02	0,68±0,02

* média de dez repetições em amostras diferentes ($\pm$ desvio padrão).

Tabela 6 - Modelo matemático e coeficiente de determinação (R^2) do perfil de textura avaliados do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl)

Resposta	Modelo Matemático	R^2	F
Firmeza	$7,83 - 0,38\text{NaCl} - 0,46\text{KCl} + 0,65\text{NaCl.KCl}$	0,561	1,278
Mastigabilidade	$5,25 - 0,30\text{NaCl} + 0,43\text{KCl} + 0,36\text{NaCl.KCl}$	0,869	6,656
Coesividade	$0,68 + 0,02\text{NaCl} + 0,02\text{KCl} + 0,03\text{NaCl.KCl}$	0,411	0,698
Elasticidade	$0,91 + 0,04\text{NaCl} - 0,003\text{KCl} - 0,008\text{NaCl.KCl}$	0,753	3,052

R^2 - coeficiente determinístico, F- estatística F de Fischer.

As médias da firmeza do pão francês variaram de 6,51 N a 9,53 N, abaixo do relatado por Lynch et al. (2009), que ao reduzirem o sal para níveis de 1,2, 0,6, 0,3 e 0% na formulação do pão francês, a firmeza aumentou de 9,7 N para 14,0 N, após diminuição desse ingrediente. Conto et al. (2012) verificaram em pão, adicionado de ômega-3 microencapsulada (MO) e extrato de alecrim que a firmeza variou de 4,56 N a 13,32 N, e foi observado que com o aumento da concentração de ômega-3, houve um aumento da firmeza do pão. Na literatura, foi observado que valores de firmeza entre 0,8 N e 8,5 N resultavam em

pães com boa aceitação sensorial (SILVA, YONAMINE, MITSUIKI, 2003; CARR et al., 2006; OLIVEIRA, PIROZI, BORGES, 2007).

Feitosa et al. (2013) ao avaliarem o pão francês comercializados no município de João Pessoa-PB, encontraram valores de firmeza variando de 2,87 N a 6,32 N. Em relação aos demais parâmetros de textura do pão francês, foi verificado que a média da mastigabilidade variou de 1,91 J a 5,71 J e da elasticidade de 0,91 a 1,93 mm. Com relação à coesividade, foram observados valores entre 0,72 e 0,86, enquanto Carr e Tadini (2003) obtiveram valores entre 0,65 e 0,72. Um menor valor de coesividade indica menor força necessária para esticar o alimento até que este seja rompido (SZCZESNIAK, 1998).

Borges (2012) ao avaliar pães adicionados de prébióticos encontraram valores de firmeza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade variando de 2,0 a 3,9 N; 0,30 a 0,60; 0,70 a 0,80 mm e 0,90 a 1,0 J respectivamente.

3.2 Qualidade sensorial do pão francês

A avaliação microbiológica mostrou contagens de microrganismos inferiores aos limites estabelecidos na legislação (BRASIL, 2001) para Coliformes totais e termotolerantes ($<10^2$ NMP/g) e ausência de *Salmonella* SP, estando assim os pães aptos ao consumo humano. Os resultados da avaliação microbiológica estão apresentados no APÊNDICE 2.

As respostas das variáveis sensoriais do pão francês encontram-se na Tabela 7. Para os atributos cor da casca, pureza da cor da superfície, abertura da pestana, cor do miolo, estrutura do miolo, aroma fermentado, residual amargo, crocância da casca, maciez do miolo e umidade, não foi possível estabelecer modelos significativos, ou seja, os dados experimentais não se ajustaram ao modelo (1ª ordem), este resultado indica que, apesar das variações nas concentrações de cloreto de sódio e cloreto de potássio, estas não influenciaram nas características sensoriais descritas, obtendo-se um produto uniforme para os tratamentos estudados. O coeficiente de determinação (R^2), e os modelos matemáticos para todas as funções estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 7 - Respostas dos atributos sensoriais do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl)

Atributos sensoriais*	Ensaaios						
	1	2	3	4	5	6	7
CC	2,87±1,17	3,09±1,25	3,85±1,08	4,36±1,25	3,52±1,18	5,19±1,26	3,31±1,33
PCS	3,00±1,43	1,61±1,19	4,14±1,06	4,25±2,00	4,56±1,69	1,46±0,99	5,45±1,10
AP	4,35±1,78	2,55±1,35	5,98±1,39	6,20±1,68	5,56±1,00	3,54±2,07	5,05±1,12
CM	1,89±0,89	1,95±0,79	1,86±0,89	1,62±0,80	2,19±0,84	2,12±0,93	1,80±0,92
EM	5,14±1,47	5,01±1,89	5,13±1,77	5,34±1,79	4,91±1,44	4,91±1,44	5,46±1,86
AF	2,16±1,59	2,39±1,90	2,06±1,57	2,12±1,49	2,07±1,46	2,88±1,69	2,03±1,39
SS	1,31±0,66	3,74±1,25	2,09±1,42	4,10±1,73	2,98±1,35	2,30±0,94	2,52±1,19
RA	1,52±1,44	0,86±1,15	1,70±1,60	0,63±0,56	0,87±1,12	1,60±1,70	1,10±1,41
CRC	2,01±1,09	1,37±0,92	1,89±1,36	2,04±1,44	2,12±1,41	2,43±1,29	1,64±1,10
MM	6,63±0,93	7,09±0,94	6,82±1,05	6,88±1,12	6,80±1,00	8,56±1,14	7,01±1,11
MAS	5,94±1,28	5,17±1,48	6,05±1,61	6,35±1,44	5,90±1,19	6,04±1,23	5,82±1,58
UM	5,39±1,41	6,00±1,43	5,09±1,31	5,66±1,21	5,60±1,29	5,22±1,26	5,70±1,24

x1 - NaCl (% farinha de trigo); x2 - KCl (% farinha de trigo); CC (Cor da Casca); PCS (Pureza da cor da superfície); AP (Abertura da pestana); CM (cor do miolo); EM (Estrutura do miolo); AF (Aroma fermentado); SS (Sabor Salgado); RA (Residual Amargo); CRC (Crocância da casca); MM (Maciez do miolo); MAS (Mastigabilidade); UMI (Umidade).

* média de três repetições (± desvio padrão).

Tabela 8 - Modelo matemático e coeficiente de determinação (R^2) dos parâmetros sensoriais avaliados do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl)

Resposta	Modelo Matemático	R^2	F
Cor da Casca	$3,74 + 0,18\text{NaCl} + 0,56\text{KCl} + 0,07\text{NaCl.KCl}$	0,363	0,570
Pureza da Cor da Superfície	$3,50 + 0,32\text{NaCl} + 0,95\text{KCl} + 0,38\text{NaCl.KCl}$	0,327	0,487
Abertura da Pestana	$4,75 - 0,39\text{NaCl} + 1,32\text{KCl} + 0,51\text{NaCl.KCl}$	0,796	3,895
Cor do Miolo	$1,92 - 0,05\text{NaCl} - 0,09\text{KCl} - 0,08\text{NaCl.KCl}$	0,283	0,395
Estrutura do Miolo	$5,04 + 0,02\text{NaCl} + 0,08\text{KCl} + 0,09\text{NaCl.KCl}$	0,068	0,073
Aroma Fermentado	$2,24 + 0,07\text{NaCl} - 0,09\text{KCl} - 0,04\text{NaCl.KCl}$	0,112	0,126
Sabor Salgado	$2,72 + 1,11\text{NaCl} + 0,29\text{KCl} - 0,11\text{NaCl.KCl}$	0,944	16,743
Sabor Amargo	$1,18 - 0,43\text{NaCl} - 0,01\text{KCl} - 0,10\text{NaCl.KCl}$	0,739	2,836
Crocância da Casca	$1,93 - 0,12\text{NaCl} + 0,14\text{KCl} + 1,97\text{NaCl.KCl}$	0,414	0,708
Maciez do Miolo	$7,11 + 0,13\text{NaCl} - 0,005\text{KCl} - 0,100\text{NaCl.KCl}$	0,042	0,044
Mastigabilidade	$5,90 - 0,12\text{NaCl} + 0,32\text{KCl} + 0,27\text{NaCl.KCl}$	0,965	27,153
Umidade	$5,52 + 0,30\text{NaCl} - 0,16\text{KCl} - 0,01\text{NaCl.KCl}$	0,777	3,478

R^2 - coeficiente determinístico, F- estatística F de Fischer.

Para o atributo cor da casca, as amostras foram consideradas pelo painel sensorial como de coloração claras com escore variando de 2,87 a 5,19. A casca do pão francês deve ser dourada, homogênea e brilhante. Geralmente se obtém coloração de casca mais dourada quando se acrescenta açúcar na formulação do pão. O brilho da crosta do pão francês é importante, pois ressalta o dourado, e este efeito é otimizado com o uso do vapor d'água durante e poucos minutos antes de os pães serem introduzidos no forno. No atributo pureza da cor da superfície o qual está relacionado com o brilho da casca, os escores variaram de 1,46 a 5,45. Essa variação pode ser explicada, porque a produção de vapor d'água não é uniforme dentro do forno.

A pestana dos pães não devem apresentar estrangulamentos, os cortes devem ser regulares, bem definidos, de superfície lisa e com bordas bem destacadas. Os escores para este atributo variaram de 2,55 a 6,20. Para o atributo aroma fermentado, todos os ensaios foram considerados com aroma suave (2,03 a 2,88). O mesmo foi observado por Borges (2012) ao avaliarem o perfil sensorial de pão com prebióticos obtendo um escore médio para este atributo de 1,3.

Os pães tiveram a cor do miolo variando de 1,62 a 2,19 indicativas de miolo com coloração branca a levemente creme. A estrutura do miolo foi classificada como bem homogênea e sem buracos (4,32 a 5,46).

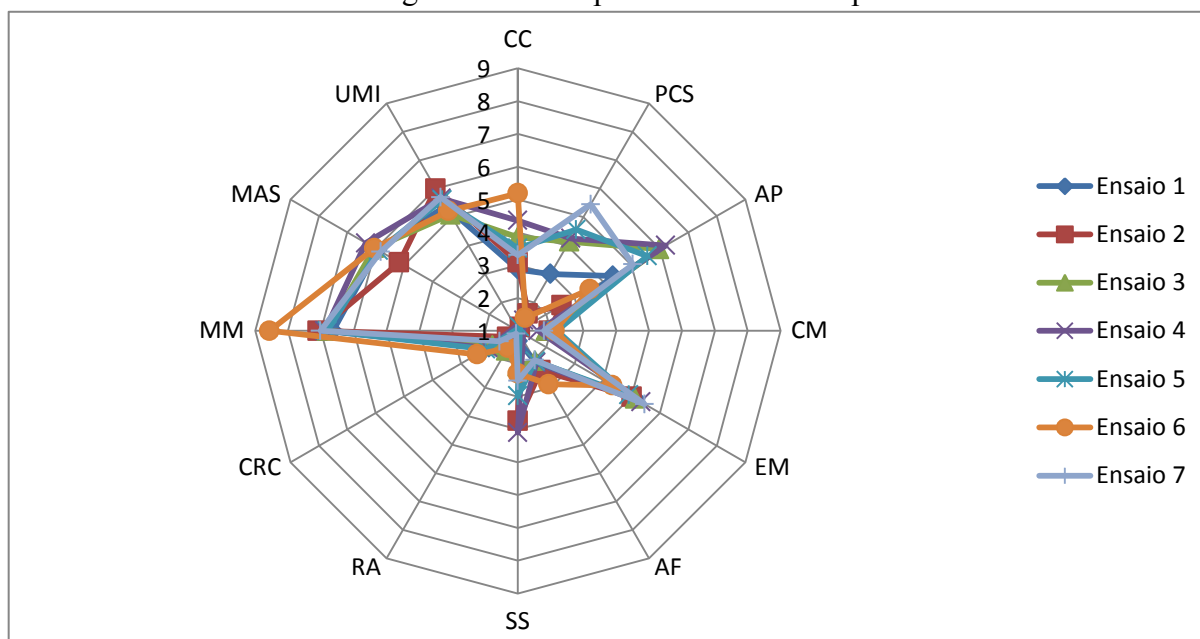
Quanto aos atributos sabor salgado e sabor amargo, as amostras foram consideradas pouco salgadas (1,31 a 4,10) e com um sabor amargo residual muito pequeno (0,86 a 1,70).

Em relação à crocância, as amostras foram consideradas pouco crocantes (1,37 a 2,43), o mesmo não foi observado por Carr et al. (2006), ao avaliarem o pão tipo francês comercial obtiveram escores médio de 6,8 e 6,5, já Feitosa et al. (2013) encontraram valores variando de 5,2 a 7,2.

Para a maciez do miolo, as amostras foram consideradas macias pelo painel sensorial (6,63 a 8,56), o mesmo foi observado por Nadal (2013), que obteve escores variando de 5,80 a 6,19 para a maciez de pão francês sem glúten. Para a umidade o mesmo autor encontrou valores entre 5,46 a 5,82 que foram similares aos determinados por este trabalho.

No presente estudo, percebe-se que todas as formulações de pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio foram muito semelhantes conforme pode ser visualizado no gráfico 1.

Gráfico 1 - Perfil sensorial em gráfico aranha para as amostras de pão francês.



Nota: CC (Cor da Casca); PCS (Pureza da cor da superfície); AP (Abertura da pestana); CM (cor do miolo); EM (Estrutura do miolo); AF (Aroma fermentado); SS (Sabor Salgado); RA (Residual Amargo); CRC (Crocância da casca); MM (Maciez do miolo); MAS (Mastigabilidade); UMI (Umididade).

Fonte: A Autora (2013)

Para a variável de resposta sensorial sabor salgado foi possível estabelecer modelos significativos. Os dados encontrados variaram de 1,31 a 4,10 (Tabela 7). A Análise de Variância (ANOVA) de regressão foi realizada e está disposta na Tabela 9.

Tabela 9 - ANOVA (Análise de variância) para o modelo de 1ª ordem diante do sabor salgado nas amostras.

Fontes de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	Teste F
Regressão	5,30	3	1,77	16,74
Resíduo	0,32	3	0,11	-
Falta de Ajuste	0,08	1	0,08	0,63
Erro Puro	0,24	2	0,12	-
Total	5,61	6	-	-
R ²	94,36	-	-	-
F _{tab 0,95,3,3}	-	-	-	9,28
F _{tab 0,95,1,2}	-	-	-	18,51

Como se pode observar na Tabela 9, o modelo apresentou regressão significativa em nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}}$ superior ao F_{tabelado}) com R^2 igual a 0,944, evidenciando que o modelo explicou 94,36% da variação dos dados experimentais. A razão entre $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} foi 1,80. Segundo Barros Neto et al. (1996) para que o modelo tenha validade estatística, de acordo com o Teste F, o valor da razão $F_{\text{calculado}}$ em relação a F_{tabelado}

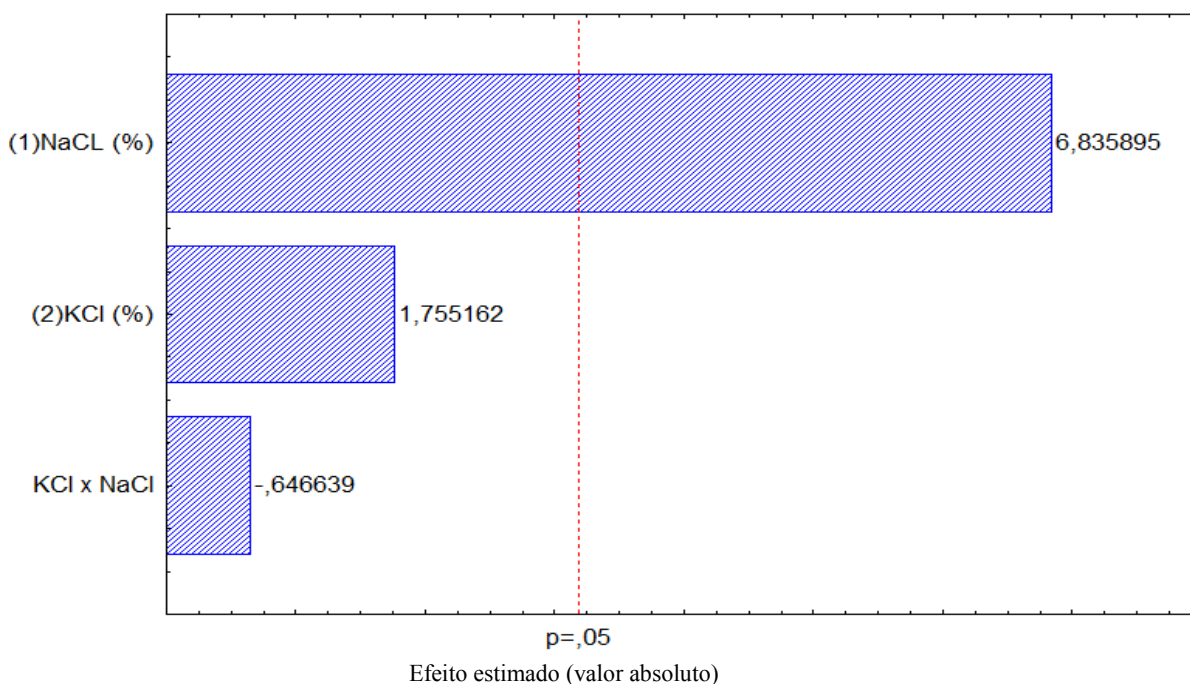
tabelado deve ser acima de 1,0. A falta de ajuste não foi significativa ($F_{\text{calculado}}$ menor que o F_{tabelado}), e isso mostra que os dados experimentais ajustaram-se ao modelo obtido.

Foi constatado após análise dos resultados que o coeficiente do modelo cloreto de sódio (X1) e a média foram estatisticamente significativas para o nível de 95% de confiança. O modelo codificado (Resposta = $\beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1x_2$) está apresentado na Equação 2, com os coeficientes estatisticamente significativos em negrito.

$$\text{Sabor Salgado} = \mathbf{2,72} + \mathbf{1,11NaCl} + 0,20KCl - 0,11NaClKCl \quad (2)$$

A Figura 1 apresenta o gráfico de Pareto para o sabor salgado com nível de 95% de confiança para a estimativa dos efeitos.

Figura 1 - Diagrama de Pareto para o sabor salgado



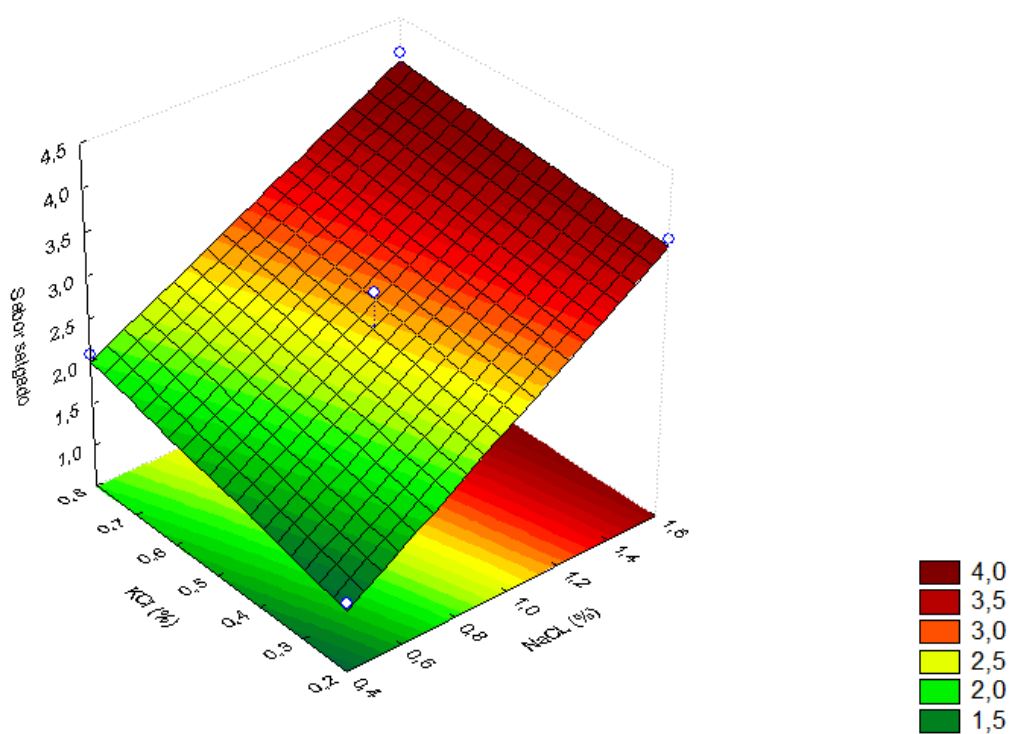
Analisando os efeitos principais da variável teor de cloreto de sódio (%) sobre o sabor salgado (Figura 1), percebe-se que esta foi a variável que mais influenciou, com efeito estimado de 2,22%, diretamente proporcional (sinal positivo) ao aumento do sabor salgado do pão francês.

Analisando-se a superfície de resposta (Figura 2) tem-se que, principalmente aumentando a concentração do teor de cloreto de sódio obtêm-se um maior sabor salgado. Os pães dos ensaios 2 e 4, foram considerados mais salgados pelo painel sensorial, os ensaios 5,

6 e 7 foram considerados com sabor salgado intermediário e os ensaios 1 e 3 foram considerados os menos salgados; tomando-se estes ensaios quanto ao teor de cloreto de sódio, obtém-se faixas otimizadas para o sabor salgado, que corresponde à 1,0 a 1,6% de cloreto de sódio.

Ignácio et al. (2013) observaram no teste de aceitação, que até a redução de 30% do sal em relação ao padrão de 2%, não foi possível diferenciar os pães em relação ao atributo sabor. Já a formulação com 50% de substituição apresentou pior sabor em relação ao padrão, mas obteve uma nota de aceitação equivalente a “gostei ligeiramente”. A formulação sem adição de cloreto de sódio diferiu significativamente de todas as demais no quesito sabor, o que ocasionou a pior aceitação.

Figura 2 - Superfície de resposta para a resposta sabor salgado



As notas para o atributo mastigabilidade se ajustaram ao modelo de 1ª ordem. Os valores médios foram analisados obtendo a análise de variância (ANOVA) como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - ANOVA (Análise de variância) para o modelo de 1ª ordem diante da mastigabilidade nas amostras.

Fontes de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	Teste F
Regressão	0,76	3	0,25	27,15
Resíduo	0,03	3	0,01	-
Falta de Ajuste	0,003	1	0,003	0,30
Erro Puro	0,02	2	0,01	-
Total	0,79	6	-	-
R ²	96,45	-	-	-
F _{tab0,95,3,3}	-	-	-	9,28
F _{tab0,95,1,2}	-	-	-	18,51

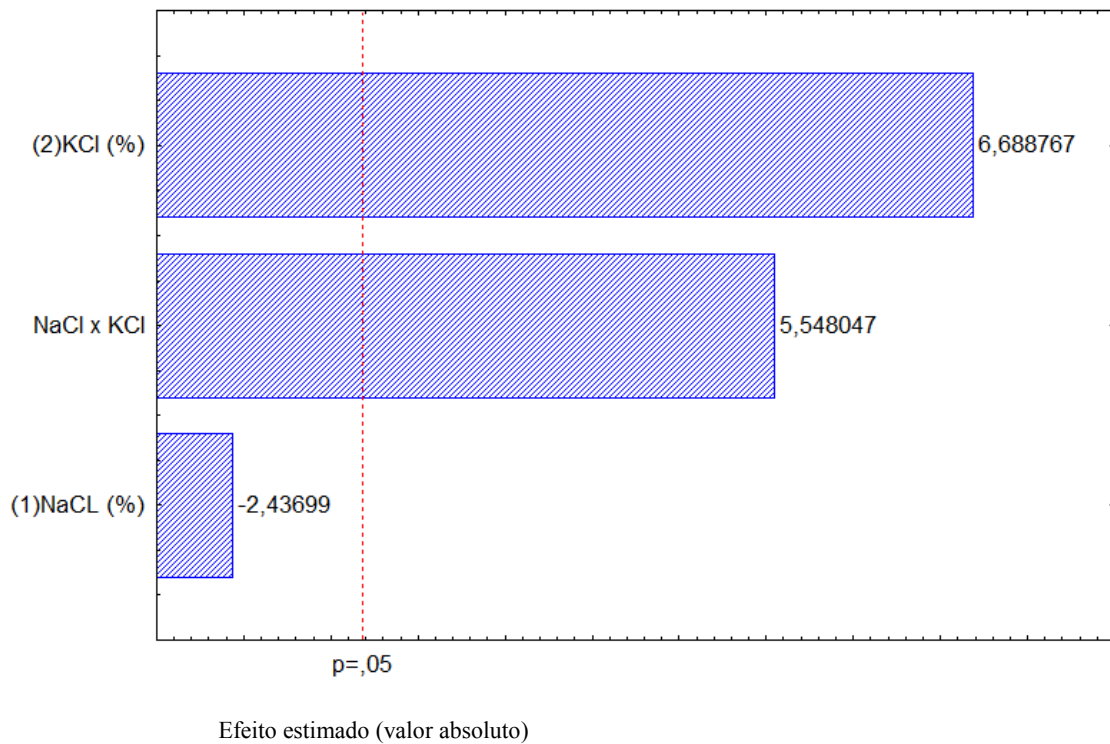
Como se pode observar na Tabela 10, o modelo apresentou regressão significativa em nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}}$ superior ao F_{tabelado}) com R^2 igual a 0,965, evidenciando que o modelo explicou 96,45% da variação dos dados experimentais. A razão entre $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} foi 2,93. A falta de ajuste não foi significativa ($F_{\text{calculado}}$ menor que o F_{tabelado}), e isso mostra que os dados experimentais ajustaram-se ao modelo obtido.

Foi constatado após análise dos resultados que os coeficientes do modelo, média, cloreto de potássio (X2) e a interação entre cloreto de sódio e cloreto de potássio (X1X2) foram estatisticamente significativas para o nível de 95% de confiança. O modelo codificado está apresentado na Equação 3, com os coeficientes estatisticamente significativos em negrito.

$$\text{Mastigabilidade} = \mathbf{5,90} - 0,12\text{NaCl} + \mathbf{0,32KCl} + \mathbf{0,27NaClKCl} \quad (3)$$

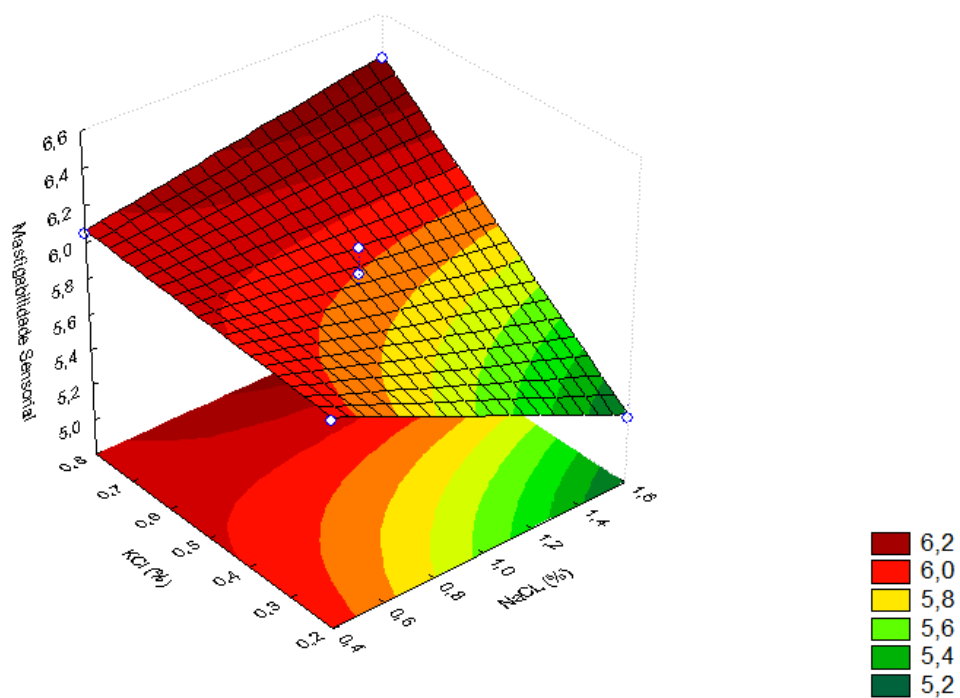
A Figura 3 representa o gráfico de Pareto com nível de 95% de confiança para a estimativa dos efeitos. Analisando os efeitos principais das variáveis teor de cloreto de sódio (%), teor de cloreto de potássio (%) sobre a mastigabilidade (Figura 3), percebe-se que a variável que mais influenciou foi o teor de cloreto de potássio (%), diretamente proporcional (sinal positivo) ao aumento da mastigabilidade.

Figura 3 – Diagrama de Pareto para a mastigabilidade sensorial



A Figura 4 representa o gráfico da superfície de resposta com base na variável dependente (variável resposta) mastigabilidade sensorial.

Figura 4 - Superfície de resposta para a resposta mastigabilidade sensorial

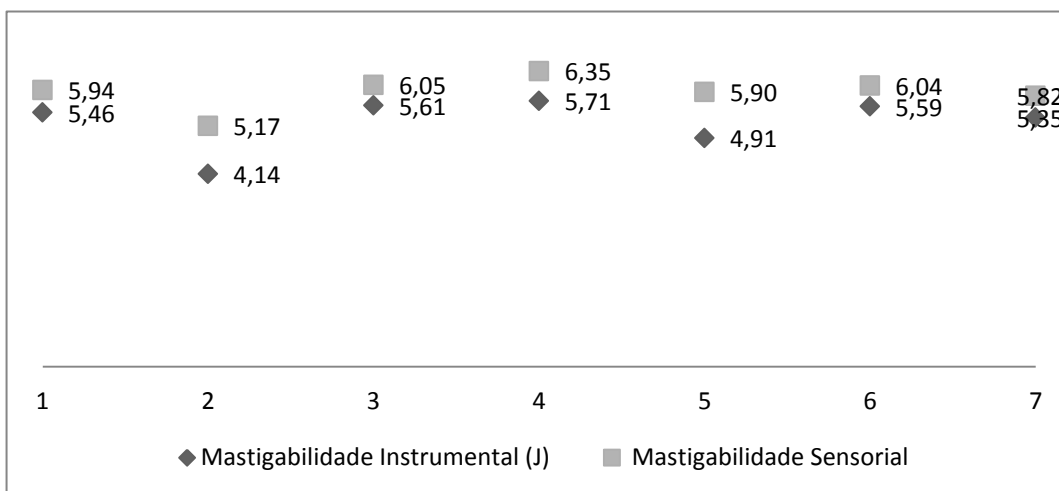


Analisando-se a superfície de resposta (Figura 4) tem-se que, principalmente aumentando a concentração de cloreto de potássio obtêm-se uma maior mastigabilidade, ou seja, o cloreto de potássio foi o principal responsável pelo aumento da mastigabilidade sensorial no pão francês. Durante as sessões do treinamento para a ADQ, os provadores relataram que valores extremos de mastigabilidade não seriam desejáveis para a aceitação das amostras. Portanto, é possível obter valores inferiores de MAS quando o teor de cloreto de potássio atinge valores entre o limite inferior e médio (0,2 – 0,5 %) e quando o teor de cloreto de sódio atinge valores entre o ponto médio e o limite superior (1,0 a 1,6%).

Salovaara (1982) avaliou as propriedades reológicas da massa de farinha de trigo quando 20, 40 e 100% do cloreto de sódio (2% base farinha) foram substituídos por quantidades equivalentes de outros sais, dentre os quais o cloreto de potássio e o acetato de magnésio. Os resultados revelaram que estes sais não afetaram significativamente as propriedades reológicas da massa em níveis de até 40% de substituição. O autor ainda cita que os íons potássio e sódio possuem semelhanças físicas e químicas, o que justificaria a semelhança de comportamento na reologia da massa. Resultados semelhantes foram encontrados por Ignácio et al. (2013) que constataram que a substituição do cloreto de sódio por cloreto de potássio não afetou as propriedades de extensão da massa.

No Gráfico 2 são apresentados os valores da mastigabilidade instrumental e da mastigabilidade sensorial, embora estejam em escalas distintas, é possível verificar a concordância na maioria dos ensaios. Os maiores valores de mastigabilidade instrumental foram obtidos nos ensaios 3 e 4, paralelamente na avaliação sensorial da mastigabilidade, as maiores notas foram obtidas nos mesmos ensaios. Outros pontos podem ser relacionados, isto é, os ensaios 1, 2, 5, 6 e 7 onde observa-se que os menores valores de mastigabilidade instrumental se equiparam aos menores valores da mastigabilidade na avaliação sensorial.

Gráfico 2 – Mastigabilidade Instrumental X Mastigabilidade Sensorial



Escalas: Mastigabilidade Instrumental - Energia Mecânica (J)
 Mastigabilidade Sensorial – adimensional de 0 a 9

Avaliando-se o custo que o cloreto de potássio irá acrescentar ao preço por quilograma do pão francês, tem-se que em uma batelada de 40 kg, utilizando 0,2% e 0,5% de cloreto de potássio tem-se um aumento de R\$ 0,058 e R\$ 0,148 respectivamente no preço do pão, ou seja, um acréscimo médio de 1,55%.

3.3 Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais permitiu observar quais atributos melhor caracterizaram as amostras. No gráfico da ACP (Figura 5) cada amostra de pão é representada por um ponto, no qual cada ponto corresponde ao valor médio atribuído pela equipe sensorial, em cada repetição. Amostras similares ocupam regiões próximas no gráfico e são caracterizadas pelos atributos que se apresentam mais próximos a elas. Pode-se observar que as amostras ficaram bem distintas umas das outras, marcadas pelas localizações bem definidas de cada uma nos gráficos.

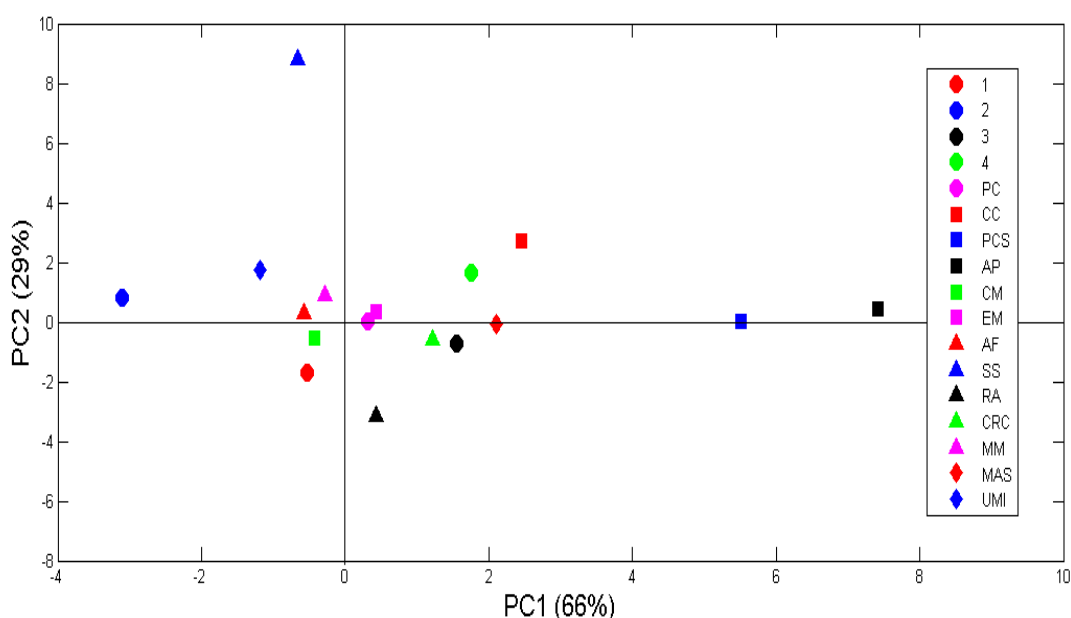
Ao analisar o primeiro componente principal que reproduz 66% da variabilidade entre as amostras, constata-se que, que os ensaios 4 e os pontos centrais (5, 6 e 7) obtiveram mais escores positivos, sendo melhor representado pelos atributos sensoriais: estrutura do miolo, cor da casca, mastigabilidade, pureza da cor da superfície e abertura da pestana, porém as variáveis PCS e AP são as mais representativas, pois estão localizadas na extremidade do eixo x e, portanto, o mais distante da origem do eixo cartesiano, logo, possuem a maior influência. As demais variáveis possuem baixa representatividade, devido ao fato de estarem próximas da

origem, em relação aos dois eixos. Algumas variáveis estão bem próximas umas às outras, isso mostra que essas possuem a mesma representatividade no gráfico.

A amostra 2 caracterizou-se pelo sabor salgado, umidade, maciez do miolo e aroma fermentado, sendo o sabor salgado possuindo maior influência. A cor do miolo influenciou negativamente para a amostra 1, e o residual amargo e a crocância da casca para a amostra 3

A soma dos componentes principais 1 e 2 foi bastante alta (95%), ou seja, a variabilidade entre as amostras pôde ser bem explicada utilizando apenas esses dois eixos.

Figura 5 – Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos termos descritores das amostras de pão francês



Nota: CC (Cor da Casca); PCS (Pureza da cor da superfície); AP (Abertura da pestana); CM (cor do miolo); EM (Estrutura do miolo); AF (Aroma fermentado); SS (Sabor Salgado); RA (Residual Amargo); CRC (Crocância da casca); MM (Maciez do miolo); MAS (Mastigabilidade); UMI (Umidade).

3.4 Teores de sódio e potássio nos pães

A Tabela 11 apresenta os teores de sódio e de potássio nos pães. A variação foi de 10,16 a 613,69 mg.100 g⁻¹ para sódio e de 211,58 a 958,96 mg.100 g⁻¹ para potássio. Como era de se esperar, o conteúdo de sódio diminuiu com a porcentagem de substituição. A formulação com 1,0% de NaCl e 0,5% de KCl proporcionou uma redução de 56% de sódio em relação à formulação padrão com 1,88%, o que significaria que um pão de 50 g passaria de 306,84 mg para 174,09 mg de sódio.

Segundo o Guia de Boas Práticas Nutricionais para Pão Francês da ANVISA (BRASIL, 2012), acordou-se que a adição de sal ao produto seja progressivamente reduzida de 2% para 1,8% até o final de 2014, o que representará uma redução de 10% na quantidade de sódio no produto. Assim, uma unidade de pão francês (50 g) que, em 2011, tinha em média 320 mg de sódio, terá 304 mg em 2012 e 289 mg em 2014.

A presença de sódio e potássio na formulação sem sal (FP e FP1) pode ser explicada, em parte, pela composição de minerais da farinha de trigo, que possui uma quantidade de sódio próxima a $1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e de potássio próxima a $151 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (CAMPINAS, 2011).

Os espectros de fluorescência de raios X das formulações: F1, F2, F3, F4, PC, FP e FP1 estão apresentados no APÊNDICE 3.

Tabela 11 - Teores de sódio e de potássio para as formulações de pão francês

Formulações	Teores dos minerais ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)**	
	Sódio	Potássio
0,4% NaCl 0,2% KCl (F1)	$110,78^e \pm 1,57$	$211,58^f \pm 0,58$
1,6% NaCl 0,2% KCl (F2)	$490,91^b \pm 0,69$	$322,97^d \pm 1,44$
0,4% NaCl 0,2% KCl (F3)	$144,38^d \pm 1,83$	$474,56^b \pm 0,36$
1,6% NaCl 0,8% KCl (F4)	$490,86^b \pm 1,10$	$481,65^b \pm 0,52$
1,0% NaCl 0,5% KCl (PC)*	$348,18^c \pm 0,98$	$367,11^c \pm 0,94$
1,88% NaCl 0% KCl (FP)	$613,69^a \pm 0,85$	$247,77^e \pm 0,18$
0,0% NaCl 1,88% KCl (FP1)	$10,16^f \pm 0,28$	$958,96^a \pm 1,01$

* Média dos pontos centrais

** Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão de três repetições; médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente ($p > 0,05$) pelo teste de médias de Tukey.

4. Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que, nos níveis pesquisados, a adição de cloreto de potássio favoreceu a obtenção de pão francês com menor teor de sódio, e não alterou significativamente os seus parâmetros de qualidade. A adição do mesmo também foi o principal responsável pelo aumento da mastigabilidade sensorial, observando-se que a faixa otimizada para a aplicação em pão francês foi de 0,2 a 0,5%. Para o cloreto de sódio

consegue-se uma faixa otimizada de 1,0 a 1,6%, valores abaixo desses deixaria o pão sensorialmente não aceito pelos consumidores.

5. Referências

AACC (2000). Approved methods of the AACC (8th ed). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. Method n° 10-11.

ALTAMIRANO-FORTOUL, R.; ROSELL, C. M. Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage. **Food Science and Technology**, v. 44, p. 631-636, 2011.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed. Gaithersburg: AOAC, 1997.

BELZ, M. C. E.; MAIRINGER, R.; ZANNINI, E.; RYAN, L. A. M.; CASHMAN, K. D.; ARENDT E. K. The effect of sourdough and calcium propionate on the microbial shelf-life of salt reduced bread. **Applied microbial and cell physiology**, 2012.

BOLHUIS, D. P.; TEMME, E. H. M.; KOEMAN, F. T.; NOORT, N. H. M.; KREMER, S.; JANSSEN, A. M. A 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**, 141, p.2249-2255, 2011.

BORGES, P. K. S. **Perfil sensorial e aceitação de pães formulados com prebióticos**. 2012. 81p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos)- Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto-SP.

BRASIL – **Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**. Guia de boas práticas nutricionais pão francês. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>> Acesso em: 02 abr. 2013.

BRASIL, **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC n° 12, de 02 de Janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico, padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm >. Acesso em: 14 out. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 90, de 18 de outubro de 2000. **Aprova o regulamento técnico para a fixação de identidade e qualidade de pão**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, out. 2000.

CARR, L. G.; TADINI, C. C. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and texture parameters of frozen part baked French bread. **Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie**, v. 36, n. 6, 2003.

CHARTON, E. K.; MAC GREGOR, E.; VORTES, H. N.; LEVITT, S. N.; STEY, K. Partial replacement of NaCl can be achieved with potassium, magnesium and calcium salts in brown bread. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.58, n.7, p.508-521, 2007.

DE CONTO, L. C.; OLIVEIRA, R. S. P.; MARTIN, L. G. P.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and rosemary extract on the technological and sensory quality of white pan bread. **Food Science and Technology**, v. 45, p. 103-109, 2012.

DÓTSCH, M.; BUSCH, J. BATENBURG, M.; LIEM, G.; TAREILUS, E.; MUELLER, R. Strategies to reduce sodium consumption: a food industry perspective. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** v.49, p. 841–851, 2009.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. da S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, out./ dez. 2005.

FEITOSA, L. R. G. F.; MACIEL, J. M., BARRETO, T. A., MOREIRA, R. T. Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 693-704, 2013.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). Bacteriological Analytical Manual- BAM. 2011. Disponível em: <<http://www.fda.gov/downloads/food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/UCM244774.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2013.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 153–161, 2003.

IGNÁCIO, A. K. F.; RODRIGUES, J. T. D.; NIIZU, P.Y.; CHANG, Y. K. Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 1-11, 2013.

ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Brasil Food Trends 2020**. Disponível em: <http://www.brasilfoodtrends.com.br/Brasil_Food_Trends/> Acesso em: 20 out. 2013.

LOPES, A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; MONTENEGRO, F. M.; FERREIRA JÚNIOR, P. G. Influência do uso simultâneo de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.307-312, 2007

LYNCH, E. J.; DAL BELLO, F.; SHEERAN, E. M.; CASHMAN, K. D.; ARENT E. K. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. **Food Research Internacional**, v. 49, p. 885-891, 2009.

MEZAÍZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; LAMBALLERIE, M. de. Optimization of gluten-free formulations for french-style breads. **Food Engineering and Physical Properties**, v. 74, n. 3, 2009.

MILLER, R. A.; HOSENEY, R. C. Role of salt in baking, **Cereal Foods World** , v. 53, p. 4-6, 2008.

NADAL, J. **Desenvolvimento e caracterização de pão sem glúten tipo francês**. 2013. 101f. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar e Nutricional)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.18, n.2, p.141-150, abr/jun. 2007.

PURLIS, E. Bread baking: technological considerations based on process modeling and simulation. **Journal of Food Engineering**, v.103, n. 1, p. 92-102, 2011.

PURLIS, E.; SALVADORI, V. O. Modelling the browning of bread during baking. **Food Research International**, v. 42, p. 865–870, 2009.

QUAGLIA, G. **Ciência e tecnologia de la panificación**. Zaragoza: Acríbia, p.485, 1991.

QUÍLEZ, J.; RUIZ, J. A.; ROMERO, M. P. Relationships between sensory flavor evaluation and volatile and nonvolatile compounds in commercial wheat bread type baguette. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 6, 2006.

ROBERT, H.; GABRIEL, V.; LEFEBVRE, D.; RABIER, P.; VAYSSIER, Y.; FONTAGNÉ - FAUCHER, C. Study of the *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc* starters during a complete wheat sourdough breadmaking process. **Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie**, v. 39, p. 256- 265, 2006.

SALGADO, J. M.; RODRIGUES, B. S.; DONADO-PESTANA, C. M.; DIAS, C. T. DOS S.; MORZELLE M. C. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) peel as potential source of dietary fiber and phytochemicals in whole-bread preparations. **Plant Foods Human Nutrition**. v. 66, p. 384– 390, 2011.

SALOVAARA, H. Sensory limitations to replacement of sodium with potassium and magnesium in bread. **Cereal Chemistry** , v.59, p.427–430, 1982.

SANTOS, C. X. **Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA.

SILVA, M. E. M. P.; YONAMINE, G. E.; MITSUIKI, L. Desenvolvimento e Avaliação de Pão Francês Caseiro sem Sal. **Brazilian Journal Food Technology**, v.6, n.2, p. 229-236, 2003.

SOSA, M.; FLORES, A.; HOUGH, G.; APRO, N.; FERREYRA, V.; ORBEA, M. M. Optimum Level of Salt in French-Type Bread. Influence of Income Status, Salt Level in Daily Bread Consumption, and Test Location. **Journal of food science**, v.73, n.8, p.392-397, 2008.

STATSOFT. **Statistica for windows**, Tulsa, USA, 2004.

STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v.28, p.4–34, 1974.

SZCZESNIAK, A. S. Sensory texture profiling – historical and scientific perspectives. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 8, p. 54-57, 1998.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TACO / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.-- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011.161 p.

VIEIRA, E.; OLIVEIRA, B. M. P. M.; SOARES, M. E.; PINHO, O. Estudo do teor de sódio em pão consumido no porto. **Revista Alimentação Humana**, v.13, p.97- 103, 2007.

5.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2

Determinação de minerais em pão francês empregando espectrometria de fluorescência de raios x por energia dispersiva

* Elaborado de acordo com as normas da Revista Química Nova

**DETERMINAÇÃO DE MINERAIS EM PÃO TIPO FRANCÊS EMPREGANDO
ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X POR ENERGIA
DISPERSIVA**

Thaís A. Da Silva Souza^{a*}, Rennan P. De Gusmão^b, Severina. S^b, Mário Eduardo R. Moreira Cavalcante Mata^b, Rossana Maria F. De Figueirêdo^b e Ricardo T. Moreira^a.

^a Departamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, 58051-900 João Pessoa – PB, Brasil.

^b Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 58429-900, Campina Grande-PB, Brasil.

**DETERMINATION OF MINERALS IN FRENCH BREAD TYPE BY ENERGY
DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETRY**

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo a determinação da composição mineral em pães do tipo francês com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio através da técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia. A energia de excitação utilizada foi de 50 keV e detector operando a -176°C. A variação foi de 10,16 a 613,69 mg.100g⁻¹ para sódio e de 211,58 a 958,96 mg.100 g⁻¹ para potássio. A quantidade de cloro variou de 172,22 a 901,64 mg.100g⁻¹. As concentrações de ferro, magnésio, fósforo e cálcio variaram de 10,62 a 21,45 mg.100g⁻¹; 16,59 a 30,78 mg.100g⁻¹; 92,53 a 125,77 mg.100g⁻¹ e 16,54 a 100,88 mg.100g⁻¹ respectivamente.

Palavras-chave: minerais, pão francês, energia dispersiva.

Abstract

The present study aimed to determine the mineral composition of the French type bread with partial replacement of sodium chloride with potassium chloride using the technique of X-ray fluorescence energy dispersive. The excitation energy used was 50 keV and detector operating at -176 °C. The variation was from 10.16 to 613.69 mg 100g⁻¹ for sodium and from 211.58 to 958.96 mg.100 g⁻¹ for potassium. The concentrations of iron, magnesium, phosphorus and calcium ranged from 10.62 to 21.45 mg 100g⁻¹, 16.59 to 30.78 mg 100g⁻¹, 92.53 to 125.77 mg 100g⁻¹ and from 16.54 to 100.88 mg 100g⁻¹ respectively.

Keywords: minerals, french bread, energy dispersive.

INTRODUÇÃO

A redução do sal (cloreto de sódio) é um problema de saúde pública em muitos países, porque tem sido identificado como a principal causa de várias doenças tais como a hipertensão, doenças do rim, câncer de estômago, osteoporose, acidente vascular cerebral e obesidade¹. A maior parte do sal na dieta humana é encontrado em alimentos processados. A grande maioria das pessoas não tem ideia sobre o conteúdo de sal dos alimentos que comem. Portanto, eles não sabem qual quantidade de sal que ingerem. Como um resultado disso, a ingestão de alto teor de sódio ocorre sem o conhecimento do consumidor².

Uma recente revisão dos estudos que avaliaram o consumo de sódio em diversos países demonstrou que na maioria das populações o consumo do mineral encontra-se acima de 2300 mg.dia⁻¹, e em particular na China e Japão, a média esteve acima de 4600 mg.dia⁻¹³. No Brasil, observou-se que o consumo variou entre 3100 mg.dia⁻¹ e 4900 mg.dia⁻¹⁴. A recomendação atual da organização mundial de saúde para ingestão de sódio é de 2000 mg de sódio⁵. De todos os gêneros alimentícios, o pão francês foi identificado como sendo um dos maiores contribuintes para a ingestão de sal diária total⁶.

Uma forma de reduzir o sódio é a substituição parcial por outro sal. O mais utilizado é o cloreto de potássio (KCl), que possui propriedades similares ao NaCl e é reconhecido como seguro, podendo ser usado sem perda da funcionalidade. Contudo, a adição de cloreto de potássio é restringida devido ao sabor amargo que confere ao produto quando em grandes quantidades. No pão integral, foi possível uma substituição de 55,2% de cloreto de potássio, 69,0% de cloreto de magnésio e 34,8% de cloreto de cálcio⁷.

Várias metodologias podem ser usadas para determinar a quantidade de cloreto de sódio em pão e baseiam-se na determinação de sódio ou cloreto. Os métodos analíticos oficiais, em geral, aplicam a espectrometria de absorção atômica (AAS), potenciometria direta de sódio (ISE), e titulação clássica para o cloreto. Geralmente, essas técnicas exigem prévia destruição total ou parcial da matéria orgânica presente na amostra e requer um tempo relativamente longo para sua execução, além de propiciar perdas dos elementos voláteis, o que tem levado à busca de alternativas mais rápidas. Em estudos publicados sobre este assunto, os métodos utilizados são basicamente os mesmos: AAS, espectrometria de emissão atômica, potenciometria direta para o sódio (ISE) e titulações clássicas para o cloreto⁸⁻¹¹.

A espectrometria de fluorescência de raios X de energia dispersiva (EDXRF) é uma técnica não destrutiva que pode ser aplicada diretamente a amostras sólidas, sem exigir preparações complexas. Embora apresente a desvantagem de não atingir limites de detecção comparáveis aos das técnicas de espectrometria atômica, possui grandes vantagens como simplicidade, segurança, baixo custo, uso mínimo de reagentes e vidrarias, gera pouco ou nenhum resíduo e dispensa a etapa de decomposição da amostra. Outro diferencial da EDXRF em relação a outras técnicas espectroscópicas é a ausência de interferências químicas, visto que envolve a participação de elétrons das camadas mais internas sendo, portanto, insensíveis à forma química em que o elemento se encontra¹².

Neste trabalho foi proposto um método para determinação de minerais, em amostras de pães do tipo francês com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio empregando a espectrometria de fluorescência de raios x por energia dispersiva.

PARTE EXPERIMENTAL

Matéria-prima

Toda matéria-prima e insumos utilizados foram fornecidos por uma panificadora situada no município de João Pessoa-PB e o cloreto de potássio pela empresa PLURY. A farinha de trigo utilizada foi a Medalha de Ouro (M. DIAS BRANCO). Os demais ingredientes e aditivos utilizados foram: melhorador de farinha (ZEAS), margarina (PRIMOR), fermento fresco (FLEISHMAN), cloreto de sódio (CISNE), cloreto de potássio (PLURY).

Produção dos pães

Os pães foram produzidos empregando-se como formulação padrão com 1,88% de cloreto de sódio (FP) e uma formulação com 1,88% de cloreto de potássio (FP1). Os níveis de substituição de cloreto de potássio por cloreto de sódio nas demais formulações foram fundamentados nos resultados positivos de estudos previamente realizados em pão tipo francês^{7,13}. As formulações dos pães são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Ingredientes das formulações expressos em porcentagem base farinha de trigo para as formulações de pão francês

Ingredientes*	Formulações						
	1,88% NaCl 0% KCl (FP)	0,0% NaCl 1,88% KCl (FP1)	0,4% NaCl 0,2% KCl (F1)	1,6% NaCl 0,2% KCl (F2)	0,4% NaCl 0,8% KCl (F3)	1,6% NaCl 0,8% KCl (F4)	1,0% NaCl 0,5% KCl (F5)
Farinha de Trigo	100	100	100	100	100	100	100
Água	40	40	40	40	40	40	40
Gelo	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Fermento Biológico	3	3	3	3	3	3	3
Margarina	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Melhorador de farinha	1	1	1	1	1	1	1
NaCl	1,88	0	0,4	1,6	0,4	1,6	1
KCl	0	1,88	0,2	0,2	0,8	0,8	0,5

*Valores expressos em % de farinha de trigo.

A produção dos pães seguiu o processo de massa direta, com bateladas de 4,0 kg de farinha de trigo. Os ingredientes foram misturados em masseira Suprema (modelo SR 15, São Paulo, Brasil). Essa etapa foi realizada em duas fases: velocidade lenta (90 rpm) por 5 minutos, e velocidade rápida (180 rpm) por 5 minutos, até que a massa alcançasse o completo desenvolvimento do glúten. Foi utilizada água na temperatura de aproximadamente 10 °C para obtenção de massa com temperatura final em torno de 28 °C. O gelo foi adicionado para controlar a temperatura de fermentação. Após a mistura, a massa foi dividida em pedaços de 1,8 kg e subdividida em porções de 60 g e foram moldadas no formato de pão francês em modeladora modelo HM2 Hp 0,5 (Hypo, Ferraz de Vasconcelos, SP, Brasil), dispostas em telas metálicas e deixadas fermentar em câmara de fermentação com temperatura em torno de 32 °C e umidade relativa de 80%, pelo período de 8h onde foi observado um crescimento no volume de aproximadamente duas vezes o seu volume inicial. Antes do início da moldagem houve um descanso da massa de 20 minutos, fixado pra todos os ensaios. Posteriormente, após a fermentação foi realizada o corte da superfície da massa e o assamento em forno

elétrico com injeção de vapor por 10 minutos a 220 °C. O resfriamento dos pães foi realizado em telas metálicas a temperatura ambiente.

Determinação do conteúdo de minerais

Os minerais foram quantificados por fluorescência de raios-X (FRX) de energia dispersiva a partir da determinação do resíduo mineral fixo (cinzas) para cada formulação¹⁴. De acordo com o princípio da técnica, o analisador irradia raios-X na amostra e o sistema detecta os sinais de fluorescência gerados. O tubo de raios-X utilizado foi de ródio e a atmosfera de trabalho foi de nitrogênio líquido. A energia de excitação utilizada foi de 50 keV e detector operando a -176 °C. A amostra foi colocada em uma cubeta coberta por um filme de polipropileno de 5 µm de espessura. O equipamento utilizado foi o modelo EDX-720 (Shimadzu - Japão).

Análise dos resultados

Os valores obtidos foram avaliados estatisticamente pela ANOVA (análise de variância) e aplicado o teste de Tukey para verificação da existência de diferenças estatísticas entre as médias com nível de significância de 0,05, utilizando-se o pacote estatístico Statística versão 5.0¹⁵.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os teores de sódio, potássio, cloro, fósforo, magnésio, ferro e cálcio nos pães. A variação foi de 10,16 a 613,69 mg.100g⁻¹ para sódio e de 211,58 a 958,96 mg.100g⁻¹ para potássio. O conteúdo de sódio diminuiu com a porcentagem de substituição do cloreto de sódio pelo cloreto de potássio. A formulação com 1,0% de NaCl e 0,5% de KCl proporcionou uma redução de 56% de sódio em relação à formulação padrão com 1,88%, o que significaria que um pão de 50 g passaria de 306,84 mg para 174,09 mg de sódio.

Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores que ao substituírem cloreto de sódio por cloreto de potássio em 30 e 50% no pão francês encontraram valores variando de 8,87 a 613,87 mg.100g⁻¹ para sódio e de 156,20 a 548,72 mg.100g⁻¹ para potássio¹³.

Tabela 2. Conteúdo mineral do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio

Formulações	Teores dos minerais (mg.100g ⁻¹)**						
	Sódio	Potássio	Cloro	Ferro	Fósforo	Magnésio	Cálcio
0,4% NaCl							
0,2% KCl (F1)	110,78 ^e ±1,57	211,58 ^f ±0,58	172,22 ^f ±0,87	21,45 ^a ±1,42	125,77 ^a ±1,69	24,38 ^b ±0,73	100,98 ^a ±1,19
1,6% NaCl							
0,2% KCl (F2)	490,91 ^b ±0,69	322,97 ^d ±1,44	590,87 ^d ±1,41	16,39 ^{bc} ±0,35	92,53 ^c ±0,83	16,59 ^e ±0,25	48,55 ^{cd} ±0,63
0,4% NaCl							
0,8% KCl (F3)	144,38 ^d ±1,83	474,56 ^b ±0,36	412,09 ^e ±1,80	13,25 ^{cd} ±0,92	94,65 ^c ±1,01	22,41 ^c ±0,69	18,88 ^e ±0,10
1,6% NaCl							
0,8% KCl (F4)	490,86 ^b ±1,10	481,65 ^b ±0,52	901,64 ^a ±1,76	18,39 ^{ab} ±0,60	96,78 ^{bc} ±0,21	30,72 ^a ±0,12	65,97 ^b ±0,67
1,0% NaCl							
0,5% KCl (F5)	348,18 ^c ±0,98	367,11 ^c ±0,94	590,72 ^d ±1,35	10,62 ^d ±0,49	79,50 ^d ±1,59	18,40 ^d ±0,49	46,54 ^d ±0,39
1,88% NaCl							
0% KCl (FP)	613,69 ^a ±0,85	247,77 ^e ±0,18	728,76 ^c ±1,10	14,40 ^c ±0,50	102,54 ^b ±0,45	30,78 ^a ±0,53	66,01 ^b ±0,09
0,0% NaCl							
1,88% KCl (FP1)	10,16 ^f ±0,28	958,96 ^a ±1,01	747,46 ^b ±1,40	16,61 ^{bc} ±0,15	102,22 ^b ±0,29	29,70 ^a ±0,56	50,97 ^c ±0,56

** Valores expressos como média de três repetições ± desvio padrão; médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente (p > 0,05) pelo teste de médias de Tukey.

Segundo o Guia de Boas Práticas Nutricionais para Pão Francês da ANVISA¹⁶, acordou-se que a adição de sal ao produto seja progressivamente reduzida de 2% para 1,8% até o final de 2014, o que representará uma redução de 10% na quantidade de sódio no produto. Assim, uma unidade de pão francês (50 g) que, em 2011, tinha em média 320 mg de sódio, terá 304 mg em 2012 e 289 mg em 2014.

Um estudo realizado comparou dois métodos potenciométricos com um método de referência (espectrometria de absorção atômica) para determinar o sal (cloreto de sódio) em pão em várias cidades do norte de Portugal, afim de comparar os resultados destes métodos à base de cloreto com um método à base de sódio. Foram verificadas diferenças significativas entre os resultados dos dois métodos propostos, pois, o teor de cloreto de sódio excedeu o limite legal quando foram utilizados métodos à base de cloreto, mas quando utilizado o método à base de sódio isso não foi observado. A diferença encontrada entre os resultados dos métodos destaca que é preciso ter cuidado quando se analisam as amostras para fins legais. Portanto, é aconselhável que as autoridades forneçam informações adicionais sobre o processo de análise que tem de ser seguido¹⁷.

A presença de sódio e potássio nas formulações FP e FP1 pode ser explicada, em parte, pela composição de minerais da farinha de trigo, que possui uma quantidade de sódio próxima a $1 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ e de potássio próxima a $151 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ ¹⁸.

Um estudo realizado no Canadá do conteúdo de Na e K de 154 alimentos amplamente representativos consumidos neste país, encontraram valores de sódio e potássio para pão de $601,2 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ e $121,4 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ respectivamente. Esses autores recomendaram diminuir a ingestão de sódio e aumentar a ingestão de potássio¹⁹.

A quantidade de cloro variou de $172,22$ a $901,64 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$, uma variação muito elevada, isso pode ser justificado devido a quantidade de cloretos (cloreto de sódio + cloreto de potássio) presentes na amostra em menor e maior quantidade, como também a presença do cloro da água, que embora seja filtrada, ainda sim pode ter tido a incidência deste mineral.

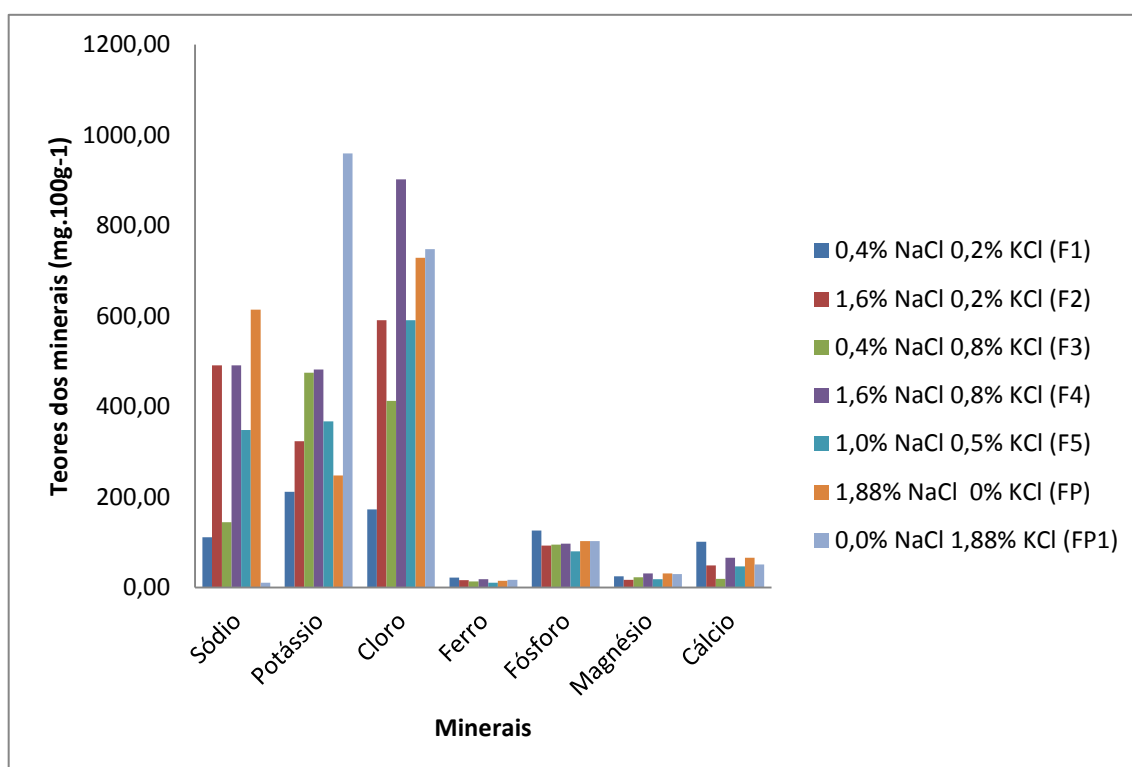
As concentrações de ferro, magnésio, fósforo e cálcio variaram de $10,62$ a $21,45 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$; $16,59$ a $30,78 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$; $92,53$ a $125,77 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ e $16,54$ a $100,88 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ respectivamente. A presença desses minerais é justificada pela utilização da farinha de trigo, que é a principal matéria-prima na fabricação do pão e estes elementos estão presentes na mesma em concentrações de $1,0 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ para o ferro, $115 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ para o fósforo, $31 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ para o magnésio e $18 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ para o cálcio¹⁸.

Em um estudo realizado na França foram analisados o conteúdo de Na, K, Mg e Ca por AAS em 1319 alimentos habitualmente consumidos pela população. Para o pão 14 amostras foram analisadas e esses autores encontraram valores de Na variando de $669,6$ a $1001,00 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ com uma média de $669,6 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$. Foram encontrados valores de Mg variando de $27,7$ a $70,3 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ com uma média $40,6 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$. Para o Ca encontraram uma variação de $18,4$ a $130,0 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ com uma média de $47,7 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$. Valores de K tiveram uma variação de $154,0$ a $362,0 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$, com uma média de $238,9 \text{ mg}$. O pão está incluído no grupo dos cereais, esse grupo é responsável pela oitava posição para ingestão do Ca, quarta posição pra ingestão de Mg, terceira posição para ingestão do Na e primeira posição para a ingestão do K²⁰.

Devido os altos índices de anemia e de doenças causadas pela deficiência de ácido fólico, na população brasileira, o Ministério da Saúde e a ANVISA tornaram obrigatória a fortificação das farinhas de trigo e milho. Com a publicação da Resolução - RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002, cada 100 g de farinha de trigo e de milho deverá conter $4,2 \text{ mg}$ de ferro e 150 mg de ácido fólico. Com isso, as farinhas e produtos, como pães, macarrão, biscoitos, misturas para bolos e salgadinhos deverão apresentar maior quantidade de ferro e ácido fólico em sua formulação final²¹.

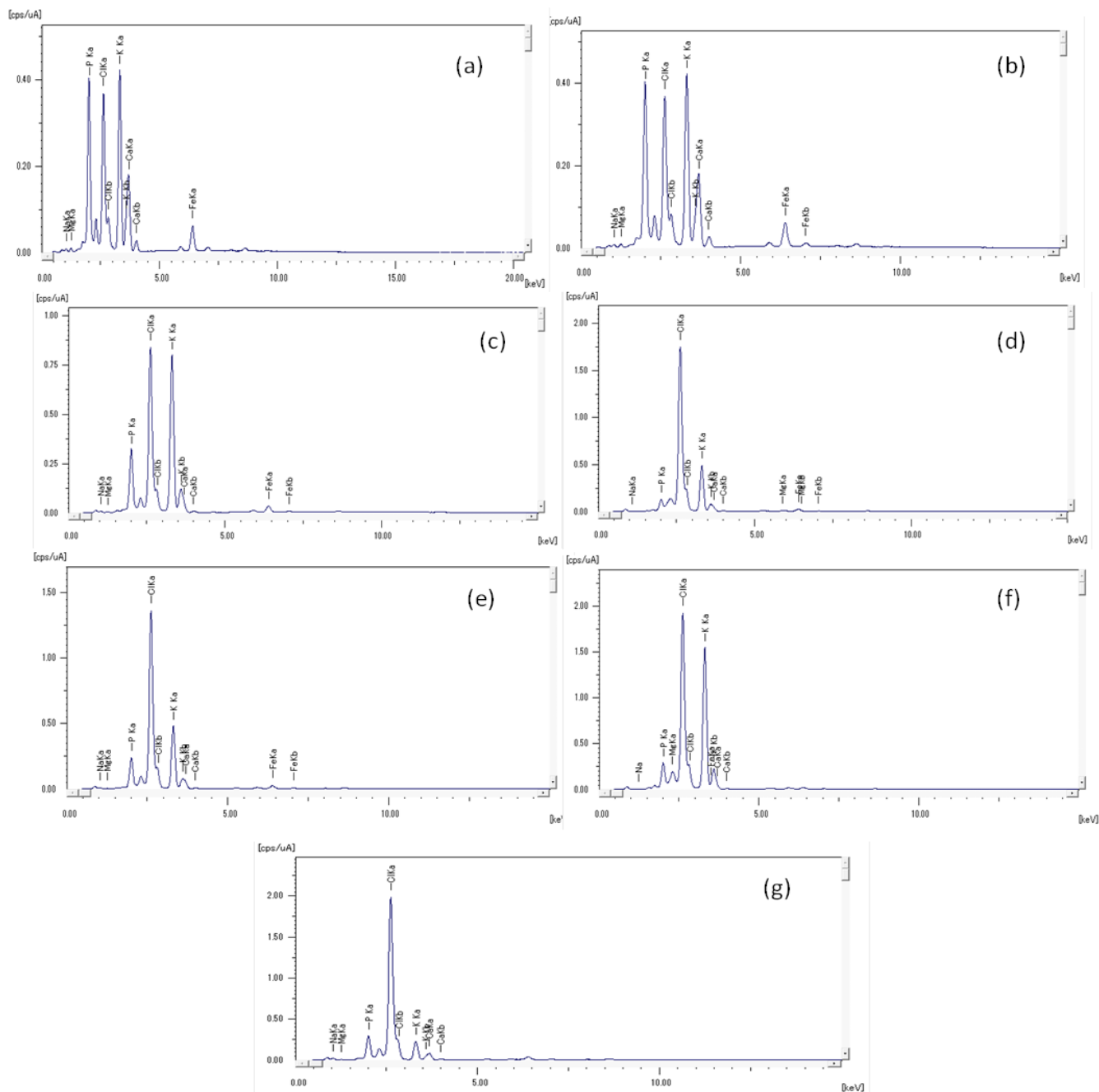
Pode-se observar na Figura 1 que os minerais que estão em maiores quantidades são o potássio, cloro, sódio, fósforo e cálcio. O ferro e o magnésio estão presentes em menor quantidade.

Figura 1. *Conteúdo mineral do pão francês com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio*



Na Figura 2 são mostrados os espectros de fluorescência de raios X das amostras com as linhas de emissão característica para cada mineral. Cada pico corresponde à energia característica de cada mineral presente na amostra.

Figura 2. Os espectros de fluorescência de raios x por energia dispersiva das amostras de pão francês. (a) 0,4%NaCl/0,2%KCl; (b) 1,6%NaCl/0,2%KCl; (c) 0,4%NaCl/0,8%KCl; (d) 1,6%NaCl/0,8%KCl; (e) 1,0%NaCl/0,5%KCl; (f) 0%NaCl/1,88%KCl; (g) 1,88%NaCl/0%KCl



CONCLUSÃO

A variação de sódio foi de 10,16 a 613,69 mg.100g⁻¹ e de 211,58 a 958,96 mg.100g⁻¹ para o potássio. O conteúdo de sódio diminuiu com a porcentagem de substituição pelo cloreto de potássio. A quantidade de cloro variou de 172,22 a 901,64 mg.100g⁻¹. As concentrações de ferro, magnésio, fósforo e cálcio variaram de 10,62 a 21,45 mg.100g⁻¹; 16,59 a 30,78 mg.100g⁻¹; 92,53 a 125,77 mg.100g⁻¹ e 16,54 a 100,88 mg.100g⁻¹ respectivamente. A presença desses minerais é justificada pela utilização da farinha de trigo, que é a principal matéria-prima na fabricação do pão.

REFERÊNCIAS

1. He, F. J.; Macgregor, G. A.; *Progress in Cardiovascular Diseases*. **2010**, 52, 363.
2. Dótsch, M.; Busch, J.; Batenburg, M.; Liem, G.; Tareilus, E.; Mueller, R.; *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **2009**, 49, 841.
3. Brown, I.J; Tzaulaki, I.; Candeias, V.; Elliot, P.; *Int. J. Epidem.* **2009**, 38, 791.
4. Sarno, F.; *Tese de Doutorado*, Faculdade de Saúde Pública FSP de São Paulo, Brasil, 2010.
5. WHO; *World Health Organization*. Reducing salt intake in populations. Report of a WHO Forum and Technical Meeting. Geneva, Switzerland, WHO Document Production Services, 2007.
6. Dewettinck, K.; Van Bockstaele, F.; Kuhne, B.; Van de Walle, D.; Courtens, T. M.; Gellynck, X.; *J. Cereal Sci.* **2008**, 48, 243.
7. Charton, E. K.; Mac Gregor, E.; Vortes, H. N.; Levitt, S. N.; Stey, K.; *Int. J. Food Sci. Nutr.* **2007**, 58, 508.
8. Julshamn, K.; Lea, P.; Norli, H. S.; *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* **2005**, 88, 1212.
9. Castanheira, I.; Figueredo, C.; André, C.; Coelho, I.; Silva, T. A.; Santiago, S.; Fontes, T.; Mota, C.; *Food Chem.* **2009**, 113, 621.
10. Chapman, B. R.; Goldsmith, I. R.; *Analyst*. **1982**, 107, 1014.
11. Yperman, J.; CarleeR, R.; Reggers, G.; Mullens, J.; Van Poucke, L.; *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* **1993**, 76, 1138.
12. Oliveira, A. L.; Almeida, E.; Silva, F. B. R.; Nascimento, V. F. F.; *Sci. Agric.* **2006**, 63, 82.
13. Ignácio, A. K. F.; Rodrigues, J. T. D., Niizu, P.Y., Chang, Y. K.; *J. Braz. Food Technol.* **2013**, 16, 1.

14. AOAC; *Official Methods of Analysis*, 17th ed., Association of Official Analytical Chemist: Washington D.C., 2000.
15. Statsoft. *Statistica for Windows*, Tulsa, USA, 2004.
16. <http://portal.anvisa.gov.br>, acessada em Abril 2013.
17. Plácido, A.; Kupers, R.; Paíga, P.; Magalhães, J.; Nouws, H. P. A.; Delerue-Matos, C.; Oliveira, M. B. P. P.; *J. Food Comp. Anal.* **2012**, 27, 14.
18. TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TACO / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.-- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011.161 p.
19. Tanase, C. M.; Griffin, P.; Koski, K. G.; Cooper, M. J.; Cockell, K. A.; *J. Food Comp. Anal.* **2011**, 24, 237.
20. Chekri, R.; Noel, L.; Millour, S.; Vastel, C.; Kadar, A.; Sirot, V.; Leblanc, J. C.; Guérin, T.; *J. Food Comp. Anal.* **2012**, 25, 97.
21. <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/farinha.htm>, acessada em Outubro 2013.

6. CONCLUSÃO FINAL

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que, nos níveis pesquisados, a adição de cloreto de potássio favoreceu a obtenção de pão francês com menor teor de sódio, e não alterou significativamente os seus parâmetros de qualidade. A adição do mesmo também foi o principal responsável pelo aumento da mastigabilidade sensorial, observando-se que a faixa otimizada para a aplicação em pão francês foi de 0,2 a 0,5%. Para o cloreto de sódio consegue-se uma faixa otimizada de 1,0 a 1,6%, valores abaixo desses deixaria o pão sensorialmente não aceito pelos consumidores.

A variação de sódio foi de 10,16 a 613,69 mg.100g⁻¹ e de 211,58 a 958,96 mg.100g⁻¹ para o potássio. O conteúdo de sódio diminuiu com a porcentagem de substituição pelo cloreto de potássio. Os minerais que estão em maiores quantidades são o potássio, cloro, sódio, fósforo e cálcio. O ferro e o magnésio estão presentes em menor quantidade. A presença desses minerais é justificada pela utilização da farinha de trigo, que é a principal matéria-prima na fabricação do pão.

ANEXOS

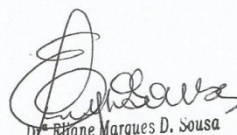
ANEXO A – Certidão Provisória do Comitê de Ética e Pesquisa

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

CERTIDÃO

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou por unanimidade na 8ª Reunião realizada no dia 20/08/2013, o projeto de pesquisa intitulado: “SUBSTITUIÇÃO DE CLORETO DE SÓDIO POR CLORETO DE POTÁSSIO: INFLUÊNCIA SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PÃO FRANCÊS” da Pesquisadora Thaísa Abrantes da Silva Souza. Prot. nº 0280/13. CAAE: 15037713.4.0000.5188.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à apresentação do resumo do estudo proposto à apreciação do Comitê.


D^{ra} Eliane Marques D. Sousa
Coordenadora CEP/CCS/UFPB
Mat. SIAPE: 0332618

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

As pesquisas envolvendo seres humanos são norteadas pela Resolução CNS n.º 196/96

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre a avaliação sensorial de Pão Francês com substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio, que está sendo desenvolvida por Thaisa Abrantes da Silva Souza, aluna do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do professor Dr. Ricardo Targino Moreira.

Este projeto busca agregar novo valor ao Pão Francês, um produto já consagrado na mesa dos consumidores brasileiros, trazendo alterações na formulação pela a diminuição de sódio visando aqueles consumidores que focam nos efeitos benéficos á saúde obtido pela ingestão de alimentos adequados. A redução nos níveis de sódio dos alimentos é, atualmente, pauta de debates e pesquisas entre as instituições governamentais e as indústrias alimentícias, tendo sido firmado um acordo entre os núcleos visando à redução de sódio em diversos grupos alimentares, com metas de médio e longo prazo, e estando o pão francês incluso nestas medidas. Desta forma busca-se avaliar os efeitos da redução da concentração de NaCl e da sua substituição parcial por KCl sobre os parâmetros de qualidade sensorial do pão francês.

Para a avaliação da Análise sensorial relativo aos pães francês com menores concentrações de cloreto de sódio será realizada a avaliação sensorial por meio de análise quantitativa descritiva (ADQ), o qual é muito utilizado para traçar, de forma a mais completa possível, o perfil sensorial quanto aos atributos de aparência, odor, textura e sabor. A equipe sensorial irá definir previamente os termos relativos ás propriedades mais relevantes do produto e sua sequência de avaliação. O provador também avaliará através de um escala, o grau de intensidade com que cada atributo está presente. Os julgadores serão treinados a usar a escala de forma consistente em relação à equipe e às amostras durante todo período de avaliação.

Também serão selecionados alguns consumidores para realizar o teste de aceitação e intenção de compra das três melhores formulações da etapa da análise descritiva quantitativa (ADQ).

O objetivo do estudo é obter respostas a cerca dos limites sensoriais percebidos quando alterados concentrações de cloreto de sódio, buscando um produto que mantenha suas características sensoriais, porém tenha reduzido este item de sua formulação. Para endossar a pesquisa serão realizadas análises físicas e sensoriais disponibilizando assim informações detalhadas a respeito das características nutricionais, de opinião e atitudes dos consumidores.

Solicitamos a sua colaboração para a realização das análises sensoriais, como também sua

autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de alimentos e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo.

Informamos que os produtos apresentados passarão por testes microbiológicos, sendo os mesmos aprovados para o consumo e não acarretando risco ao consumidor.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador (a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano. O pesquisador (a) estará a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Testemunha

Contato com o Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para a pesquisadora Thaisa Abrantes da Silva Souza.

Endereço (Setor de Trabalho): Universidade Federal da Paraíba- Campus I, Castelo Branco, João Pessoa- PB, Brasil - CEP: 58051-900 (praça do centro de tecnologia, 1º andar – sala de estudos dos alunos do PPGCTA – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Telefone: (83) 8787-3196

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do CCS/UFPB – Cidade Universitária / Campus I
Bloco Arnaldo Tavares, sala 812 – Fone: (83) 3216-7791

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável

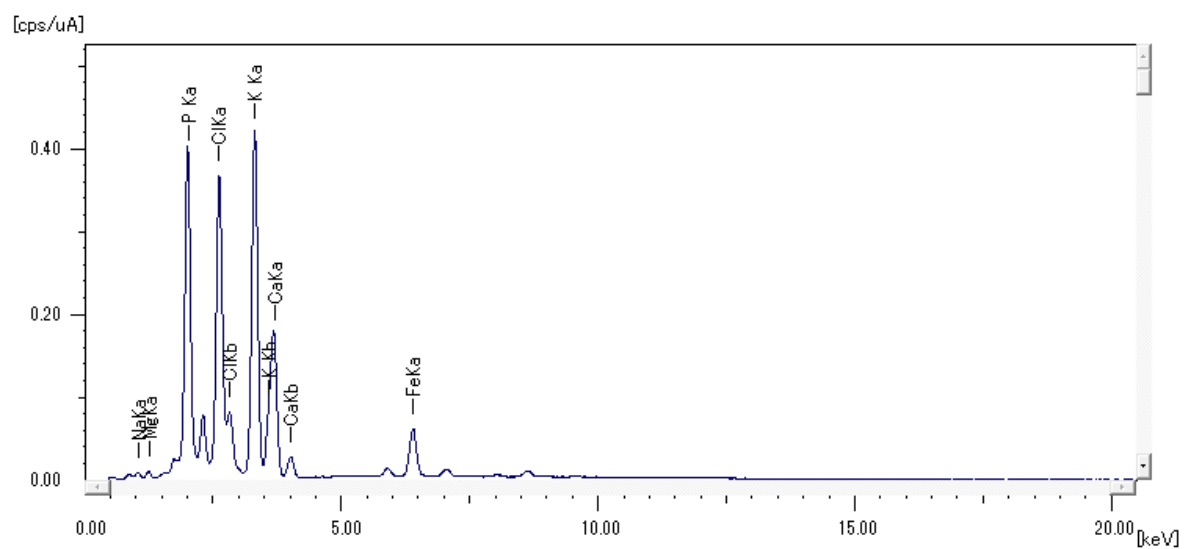
APÊNDICE 2 - Resultados das análises microbiológicas do pão francês.

Ensaio	Coliformes totais NMP.g ⁻¹	Coliformes a 45°C NMP.g ⁻¹	Pesquisa de Salmonella
1	<0,3	<0,3	Ausência
2	<0,3	<0,3	Ausência
3	<0,3	<0,3	Ausência
4	<0,3	<0,3	Ausência
5	<0,3	<0,3	Ausência
6	<0,3	<0,3	Ausência
7	<0,3	<0,3	Ausência

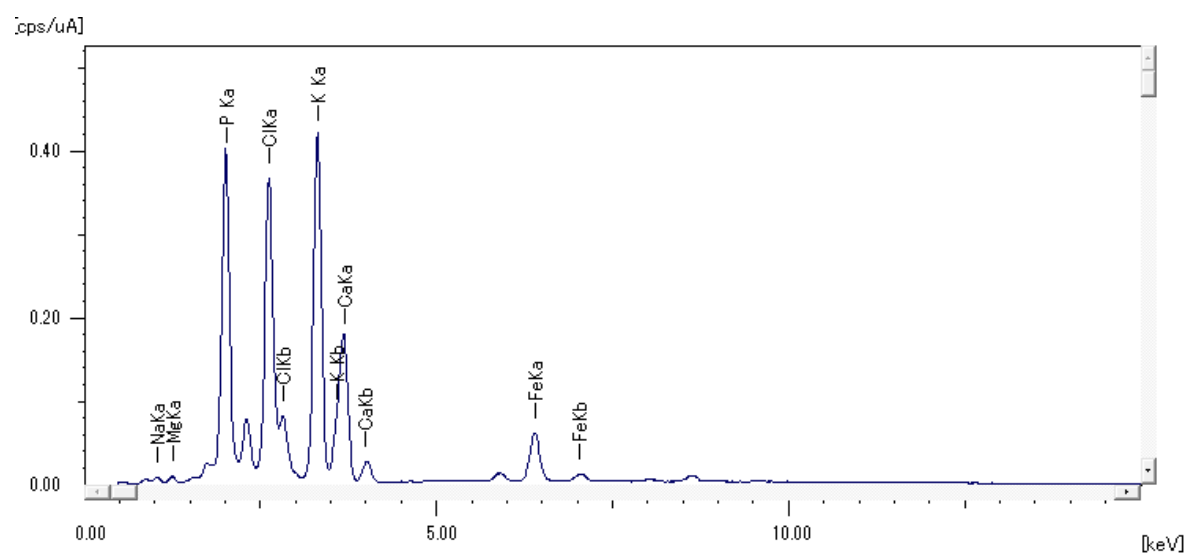
NMP- Número mais provável

APÊNDICE 3 - Espectros das amostras de pão francês para composição mineral

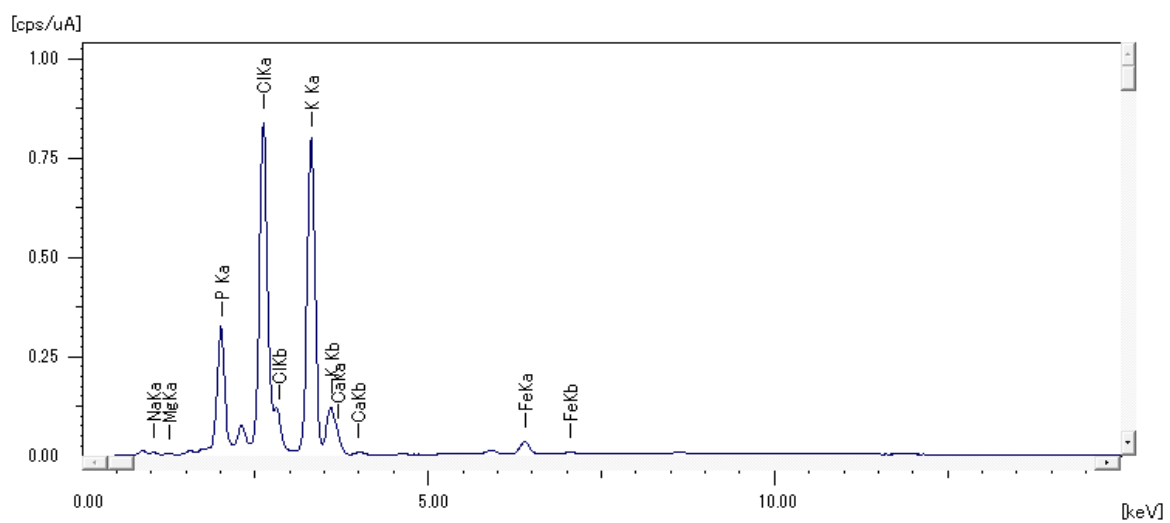
(F1)



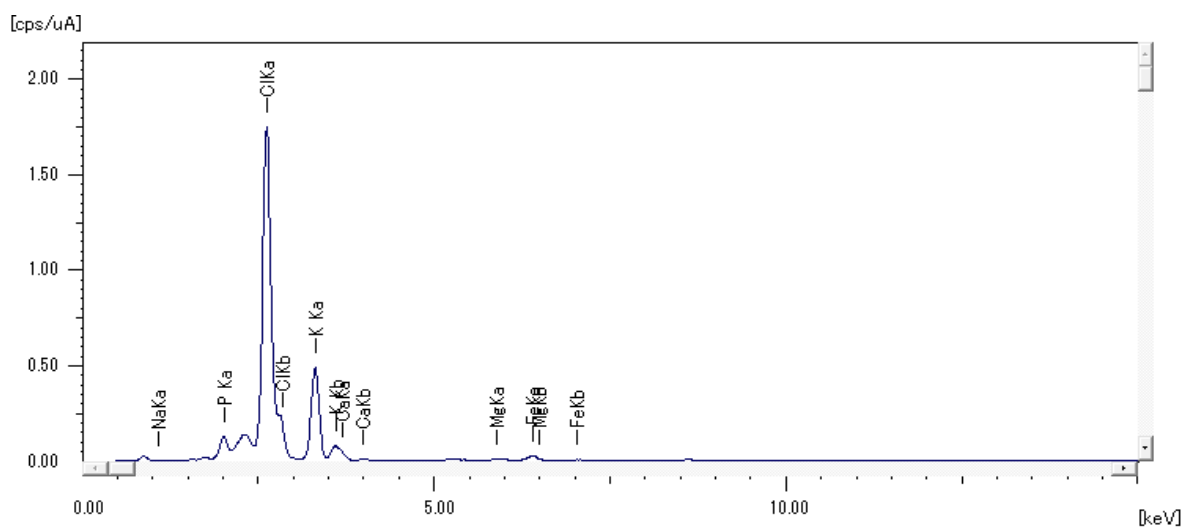
(F2)



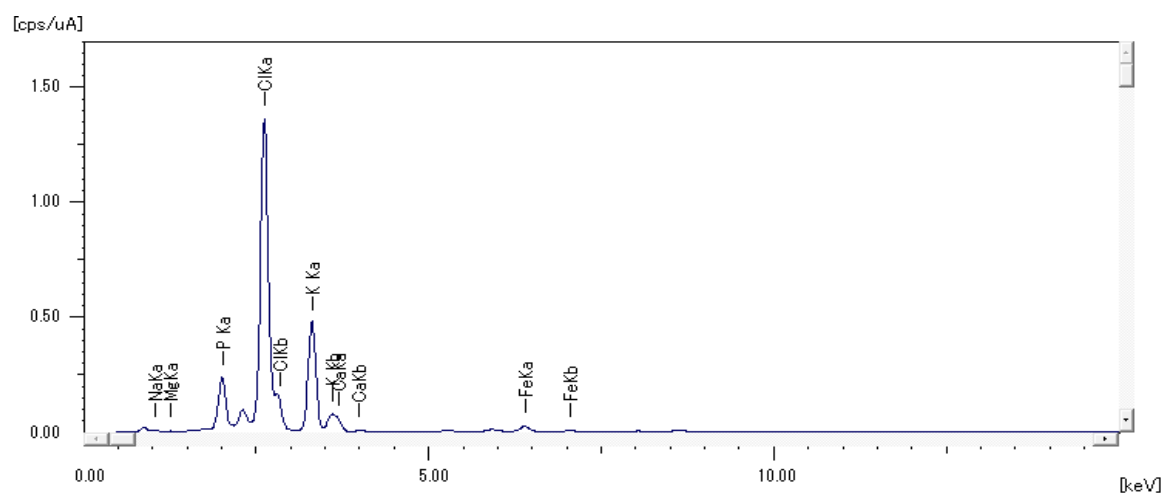
(F3)



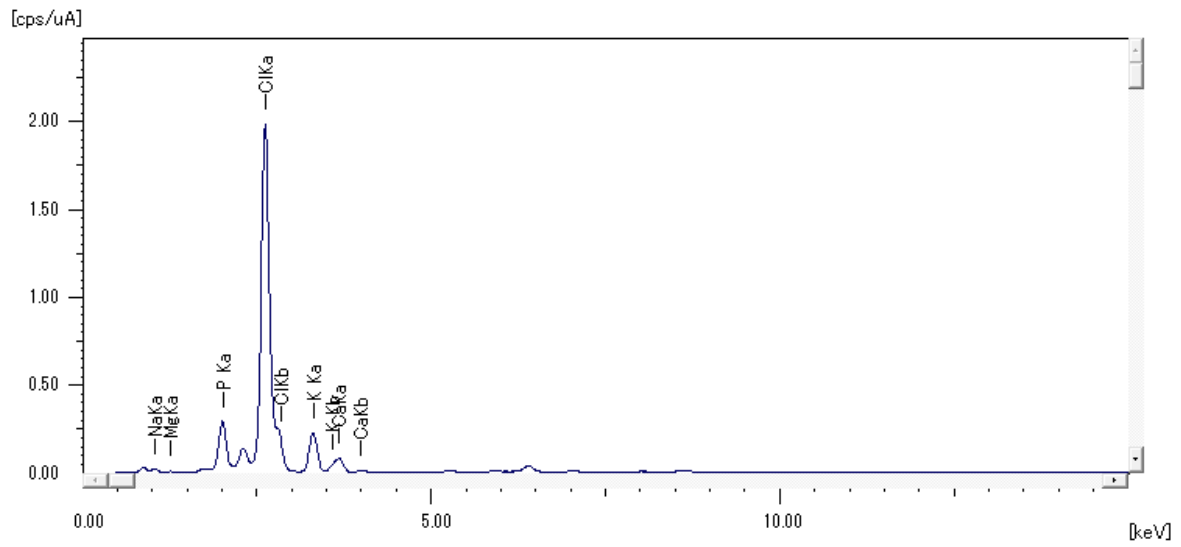
(F4)



(PC)



(FP)



(FP1)

