

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TESE

**Efeito da alta pressão hidrostática sobre as propriedades
físico químicas, microbiológicas e sensoriais de queijo
Minas Frescal com redução de sódio**

Fernando Morais Rodrigues

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

**Efeito da alta pressão hidrostática sobre as propriedades
físico químicas, microbiológicas e sensoriais de queijo
Minas Frescal com redução de sódio**

FERNANDO MORAIS RODRIGUES

Sob a Orientação do Professor Doutor
Amauri Rosenthal

e Coorientação do Professor Doutor
Adriano Gomes da Cruz

Tese submetida como requisito parcial para
obtenção do grau de **Doutor em Ciências**,
no Programa de Pós-Graduação em Ciência
e Tecnologia de Alimentos, Área de
Concentração em Tecnologia de Alimentos.

Seropédica - RJ
Novembro de 2016

637.3
R696e
T

Rodrigues, Fernando Morais, 1978-
Efeito da alta pressão hidrostática sobre as propriedades físico químicas, microbiológicas e sensoriais de queijo minas frescal com redução de sódio / Fernando Morais Rodrigues. - 2016.
xviii, 115 f.: il.

Orientador: Amauri Rosenthal.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016.

Bibliografia: f. 102-110.

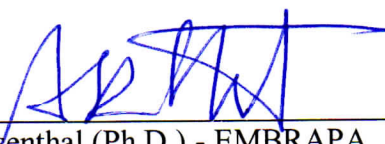
1. Queijo-de-minas - Análise - Teses.
2. Queijo-de-minas - Avaliação sensorial - Teses.
3. Queijo-de-minas - Microbiologia - Teses.
4. Alimentos - Teor de sódio - Teses.
5. Alta pressão (Tecnologia) - Teses.
6. Tecnologia de alimentos - Teses.
I. Rosenthal, Amauri, 1960- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

FERNANDO MORAIS RODRIGUES

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

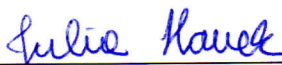
TESE APROVADA EM: 25 / 11 / 2016



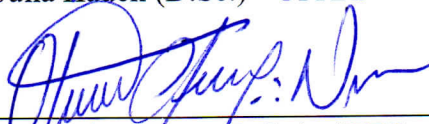
Amauri Rosenthal (Ph.D.) - EMBRAPA
(Orientador)



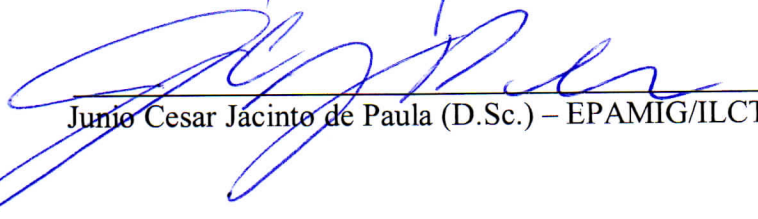
Daniela de Grandi Castro Freitas (D.Sc.) - EMBRAPA



Julia Hauck (D.Sc.) - UFRRJ



Otávio Cabral Neto (D.Sc.) - IFTO



Junio Cesar Jacinto de Paula (D.Sc.) - EPAMIG/ILCT

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese a minha esposa Liliane e a toda minha família, especialmente a minha mãe e a meu pai (*in memoriam*), por todo o amor, compreensão, confiança, amizade, força e tempo que sempre me dedicaram.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade concedida para realizar o curso.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelas instalações cedidas para a execução do presente estudo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, pelas instalações cedidas para a execução do presente estudo.

Aos professores pesquisadores Ph.D. Amauri Rosenthal e D.Sc. Adriano Gomes da Cruz, pela condução do estudo nas diversas etapas, por todo seu apoio, encorajamento, amizade, e pelo conhecimento transmitido cada dia.

A Pesquisadora Dr^a. Rosires Deliza, pela ajuda e direcionamento das pesquisas.

À Dr^a. Julia Hauck que com calma e competência coordenou as atividades desenvolvidas na Embrapa, tornando o ambiente bastante produtivo e agradável.

Aos Analistas do Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental da EMBRAPA – CTAA, José Carlos Sá Ferreira, Claudia Torres Gomes Brauns Mattos, Carmini Contes e Sidnéa Cordeiro de Freitas pela acolhida e contribuição durante as análises.

Aos amigos Willian e “Filé” da Planta Piloto II - EMBRAPA – CTAA, pela ajuda na pressurização das amostras.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial Simone Pereira Mathias e Maria Ivone Barbosa, por incentivar e acreditar desde o início.

À Secretaria do Programa da Pós Graduação na pessoa de Lucimar por toda amizade.

Aos meus grandes amigos Arturo Melendez Arevalo (ermano), Leandro Carpato, Amanda Martins, Fabiano Oliveira, Ligia, , Jhony Vargas, Lícia Cristina, Florisvaldo, Geanderson e Davy Willian Hidalgo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a finalização deste projeto.

Ao Nosso Deus, soberano e Senhor de todas as coisas em nossa vida. Ele me deu força pra chegar até aqui e superar todos os obstáculos. Muito obrigado, Senhor!

RESUMO GERAL

RODRIGUES, Fernando Moraes. **Efeito da alta pressão hidrostática sobre as propriedades físico químicas, microbiológicas e sensoriais de queijo Minas Frescal com redução de sódio** 2016, p 115. Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da Alta Pressão Hidrostática sob as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais em queijo Minas Frescal produzido com teor reduzido de sódio. Inicialmente apresentou-se uma revisão de literatura sobre as principais técnicas utilizadas na redução do teor de sódio. Após, identificou-se a concentração ótima de sal no queijo Minas Frescal e avaliou-se o efeito da informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal à saúde na preferência do consumidor pelo produtos, por meio de análise de sobrevivência e teste de aceitação em escala hedônica estruturada de nove pontos. Posteriormente, abordou-se o efeito da concentração de sal e o método de salga sob o rendimento, composição centesimal (umidade, RMF, proteína, gordura), acidez total, pH, minerais (sódio e cálcio) e características sensoriais com base em teste hedônico de aceitação e Check All That Apply (CATA) do queijo Minas Frescal. Para tanto, o delineamento experimental compreendeu a combinação fatorial das variáveis concentração de cloreto de sódio (0,2; 1,6 e 3,0%) e método de salga (salga no leite ou salga na massa. Por último, investigou-se o efeito combinado da pressurização (300, 400 e 500MPa / 5 min) e teores de sal (40, 70 e 100% NaCl) onde 100% de NaCl foi equivalente ao teor de 1,6% de NaCl /volume de leite (teor este definido no Capítulo 3) sob as características físico-químicas, microbiológica e sensorial (percepção do gosto salgado) do queijos Minas Frescal, empregando-se delineamento experimental fatorial completo 2² com triplicata no ponto central. A partir dos dados processados, foram obtidos modelos paramétricos que permitiram estimar a concentração ótima de sal para os queijos: 3,2 ± 0,4 (%NaCl). Para esta concentração, houve 21,5% de rejeição por parte dos consumidores, dos quais 8,3% por o queijo frescal estar “pouco salgado”, e 13,2% de rejeição por estar “muito salgado”. A informação sobre os malefícios à saúde do consumo excessivo de sódio não foi significativo (p>0,05). Já para o efeito da concentração de sal e/ou método de salga, foram observadas diferenças significativas para os parâmetros umidade, cinzas, proteína e minerais (p<0,05). A concentração de cloreto de sódio (%) apresentou maior influência sobre as variáveis de resposta avaliadas. Os valores de rendimento para os diferentes tratamentos diferiram estatisticamente (p<0,05). O teor de sódio, cálcio e o rendimento foram afetados pelo método de salga, concentração de sal e interação de ambos (p<0,05). Com relação à análise sensorial, os métodos de salga influenciaram a aceitação apenas para os queijos elaborados com 3,0% de NaCl (p<0,05). Concentração intermediária deste sal (1,6 %) para ambos os métodos de salga alcançaram as maiores médias de aceitação. Para o efeito da Alta Pressão hidrostática, diferenças significativas para os parâmetros físico-químicos (p<0,05), microbiológicos e sensoriais foram observadas. As variáveis de resposta físico-químicas mais influenciadas pelos tratamentos foram: sódio, cálcio, NaCl, %NaCl na umidade, atividade antioxidante, proteólise e atividade antihipertensiva. Maiores níveis de pressão e teor de sal resultaram em maior redução do número de microrganismos analisados, conforme preconizado pela legislação. Propriedades bioativas (Atividade anti-hipertensiva e Atividade antioxidante) foram confirmadas através das análises realizadas. Com relação à análise sensorial, não houve aumento da percepção do gosto salgado para os tratamentos avaliados.

Palavras-chave: lácteos, funcionalidade, sal, concentração, pressurização

ABSTRACT

RODRIGUES, Fernando Morais. **Effect of high hydrostatic pressure on the physical, microbiological and sensory properties of Minas Frescal cheese with sodium reduction.** 2016, p. 115. DSc. Thesis in Food Science and Technology. Institute of Technology, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2016.

The aim of this study was to evaluate the effect of high hydrostatic pressure on physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of Minas Frescal cheese produced with reduced sodium content. Initially a literature review was presented on the main techniques used to reduce the sodium content. After identifying the optimal salt concentration of Minas Frescal cheese it was studied the effect of information regarding the excessive salt intake on health towards the consumer preference by means of survival analysis and by the acceptance in structured 9-point hedonic scales. Subsequently it was evaluated the effect of salt concentration and the salting method on production yield, physicochemical composition (moisture, ash, protein, fat), titrable acidity, pH, minerals (sodium and calcium content) and sensory characteristics (hedonic test and check-all-that-apply (CATA) of “Minas Frescal” cheese. For both the experimental design involved the factorial combination of varying concentrations of sodium chloride (0.2, 1.6 and 3.0%) and salting method (salting and sant in the milk mass). Finally it was investigated the combined effect of pressurizing at different pressures (300, 400 and 500MPa / 5 min) and salt content (40, 70 and 100% NaCl) where 100% of NaCl is equivalent to 1.6% of NaCl content/volume of milk (this content set out in Chapter 3) on the physico-chemical, microbiological and sensorial characteristics (perception of salty taste) of Minas Frescal cheese, by using a complete factorial experimental design 2^2 with triplicate at the midpoint. From the data collected parametric models were obtained allowing the estimation of the optimum salt concentration: 3.2 ± 0.4 (%NaCl). For the cheese with such salt concentration it was obtained 21.5% of consumer rejection, of which 8.3% for considering the Minas Frescal cheese of being "little salty" and 13.2% for considering it “too salty”. Information on the health hazards due to excessive sodium intake was not significant ($p > 0.05$) for the consumers. Either the effect of salt concentration and/or method of salting either individually or their interaction resulted in significant differences for the parameters moisture, ash, protein and minerals ($p < 0.05$). The salt concentration showed the highest influence on the response variables evaluated in this study. The yield statistically varied among the treatments ($p < 0.05$), and was influenced by the level of sodium, while calcium concentration and also the yield were affected by the salting method, salt concentration and interaction of the parameters ($p < 0.05$). The yield values for different treatments were statistically different ($p < 0.05$). With respect to the sensory analysis the salting methods influenced the acceptance only for the cheeses elaborated with 3.0% NaCl ($p < 0.05$). Salt concentration (1.6%) for both salting methods achieved the highest average acceptance. Significant differences for the physical and chemical microbiological and sensory parameters ($p < 0.05$) were observed. The physico-chemical response variables more influenced by the treatments were: sodium content, calcium content, NaCl content, salt content, moisture, DPPH, proteolysis and antihypertensive activity. Higher levels of pressure and salt content resulted in further reduction in the microbial population. Bioactive properties (antihypertensive activity and antioxidant activity) of the Minas Frescal cheese was confirmed by the analyses. Regarding the sensory analysis no increase in the perception of salty taste occurred due to the high pressure treatments evaluated.

Keywords: dairy products, functionality, salt, concentration, pressurization

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1** - Concentrações de sal (NaCl) utilizadas no processamento dos queijos tipo Minas Frescal nos Estudos 1 e 2.....25
- Tabela 2** - Dados de rejeição para seis consumidores e sua correspondente censura.....28
- Tabela 3** - Médias e desvio padrão da aceitação global para o queijo Minas Frescal com diferentes concentrações.....29
- Tabela 4** - Melhor ajuste weibull para ambos os modelos (evento).....29
- Tabela 5** - Médias e desvio padrão da aceitação global para o queijo Minas Frescal com diferentes concentrações de sal (NaCl) sem e com a informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal.....31
- Tabela 6** - Média da aceitação por segmento de consumidor para as duas condições estudadas (sem informação e com informação).....31
- Tabela 7** - Resultados da percentagem de provadores sobre o teor de sal do queijo tipo Minas Frescal para diferentes concentrações de sal (NaCl).....32
- Tabela 8** - Valores de p da análise de variância incluindo o efeito da informação, teor de sal e interações.....32
- Tabela 9** - Melhor ajuste log-normal para ambos modelo (evento).....33

CAPÍTULO III

- Tabela 1** - Composição centesimal, pH, acidez total e rendimento do queijo Minas Frescal elaborado com diferentes teores de sal e dois métodos de salga.....52
- Tabela 2** - Valores de p das análises de variância em função do método de salga, teor de sal e sua interação.....55
- Tabela 3** - Perfis sócio demográfico e atitudinal dos consumidores (n = 104) que participaram do estudo de aceitação de queijo Minas Frescal.....58
- Tabela 4** - Aceitação global das amostras.....59
- Tabela 5** - Resultados da percentagem de rejeição, indiferença e aceitação do queijo tipo Minas Frescal com diferentes concentrações de sal (NaCl) e método de salga.....59
- Tabela 6** - Frequência (%) que cada um dos termos do questionário CATA foi marcado para descrição sensorial do queijo Minas Frescal com dois métodos de salga (salga direta e na

massa) e três concentrações de sal (0,2%, 1,6% e 3,0%).....61

Tabela 7 - Atributos utilizados no teste CATA avaliados mediante o teste Q de Cochran.....63

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Composição centesimal, pH, acidez total do queijo Minas frescal elaborado controle e pressurizados.....86

Tabela 2. Médias das determinações instrumentais de cor nas amostras de queijo Minas Frescal pressurizado e controle.....89

Tabela 3. Média dos valores de proteólise, atividade antioxidante e antihipertensiva para as amostras de queijo pressurizado e controle.90

Tabela 4. Modelos matemáticos polinomiais gerados pelo planejamento de Box Behnken.....92

Tabela 5. Média dos valores de perfil de ácidos graxos para as amostras de queijo pressurizado e controle.....94

Tabela 6. Resultados obtidos na contagem de Coliformes à 45°C, *Estafilococcus coagulase positiva*/g, *Clostridium* sulfito redutor à 46°C e *Salmonella spp* para as amostras de queijo controle e pressurizado.....98

Tabela 7. Médias das notas do teste de diferença do controle.....100

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1** - Fluxograma de fabricação do queijo Minas Frescal.....24
- Figura 2** - Informação apresentada aos participantes sobre os malefícios do consumo excessivo de sal.....27
- Figura 3** - Concentração ótima de sal (soma da rejeição por pouco salgado + rejeição por muito salgado). a: rejeição muito salgado; b: rejeição pouco salgado; c: soma de ambas as curvas de rejeição.....30
- Figura 4** - Concentração ótima de sal (soma da rejeição por pouco salgado + rejeição por muito salgado) sem informação (a) e com informação (b) sobre os malefícios. a: rejeição muito salgado; b: rejeição pouco salgado; c: soma de ambas as curvas de rejeição.....33

CAPÍTULO III

- Figura 1** - Esquema de produção dos queijos Minas Frescal utilizando dois métodos de salga e três concentrações de NaCl.....49
- Figura 2** - Análise de componentes principais das amostras de queijo Minas Frescal: a) representação das variáveis físico-químicas; e b) representação das amostras.....56
- Figura 3** - Gráficos de valores médios para os parâmetros umidade (a), rendimento (b), sódio (c) e cálcio (d) do queijo Minas Frescal em diferentes concentrações e métodos de salga.....57
- Figura 4** - Dendograma dos consumidores (n=104) para a aceitabilidade das amostras de queijo Minas Frescal processados com dois métodos de salga (salga no leite ou na massa) e três teores de sal (0,2%, 1,6% e 3,0%).....60
- Figura 5** - Aceitação para os queijos Minas Frescal elaborados por dois métodos de salga (salga no leite SL e salga na massa SM) e três concentrações de sal (NaCl) (0,2%, 1,6% e 3,0%). Letras diferentes na média geral apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.....60
- Figura 6** - Termos sensoriais usados para descrever as amostras nas duas primeiras dimensões da análise de componentes principais (ACP) das variáveis descritivas no CATA e representação das seis amostras (oriundas de diferentes tipos de salga – no leite e na massa e concentrações de sal (0,2%, 1,6% e 3,0%) de queijo Minas Frescal.....62

CAPÍTULO IV

Figura 1 - Equipamento APH (*Stansted Fluid Power*).....81

Figura 2 - Análise de componentes principais das amostras de queijo Minas Frescal controle e pressurizado: a) representação das variáveis físico-químicas; e b) representação das amostras.....93

Figura 3 - Análise de componentes principais das amostras de queijo Minas Frescal controle e pressurizado: representação das variáveis físico-químicas e representação das amostras.....97

Figura 4 - Resultados obtidos na contagem de Coliformes à 35°C, *Estafilococcus coagulase* negativa (UFC/g), Bactérias mesofílicas totais (UFC/g) e Bactérias psicrotólicas (UFC/g) para as amostras de queijo controle e pressurizado.....99

ANEXOS

Figura 1 - Publicação do artigo na revista *Food Science and Technology*.....112

Figura 2 -. Certificado de apresentação do Capítulo II no Simpósio Latino Americano de Ciência dos Alimentos.....113

Figura 3 - Carta de aceite para apresentação do Capítulo III no International Conference on Agricultural Engineering.....114

Figura 4 - Certificado de apresentação do Capítulo IV no X Fórum da Pós Graduação da UFRRJ.....115

Figura 5 - Menção honrosa pela apresentação do Capítulo IV no X Fórum da Pós Graduação da UFRRJ.....115

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIA	Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação
ABIQ	Associação Brasileira das Indústrias de Queijo
ACH	Análise de cluster hierárquico
ACP	Análise de componentes principais
ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association off Official Analytical Chemist
APH	Alta pressão hidrostática
CATA	Check All That Apply
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
WHO	World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alpha
h°	Ângulo hue
β	Beta
R^2	Coefficiente de determinação
a^*	Coordenada cromática do vermelho para o verde
b^*	Coordenada cromática do azul para o amarelo
C^*	Chroma
L^*	Luminosidade

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO I.....	4
ALTERNATIVES TO REDUCE SODIUM IN PROCESSED FOODS AND THE POTENTIAL OF HIGH PRESSURE TECHNOLOGY	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUCTION	6
2 STRATEGIES FOR REDUCING SALT IN PROCESSED FOODS.....	6
2.1 NaCl replaced by other salts / ingredients	7
2.2 Flavor enhancers.....	7
2.3 Structure of salt crystals (NaCl) and slight salt reduction	9
2.4 Alternative technology to reduce sodium in foods: High pressure (HP).....	10
2.4.1 Meat products	10
2.4.2 Dairy Product: cheese.....	11
3 CONCLUSIONS	12
REFERENCES	13
CAPÍTULO II.....	18
IDENTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO ÓTIMA DE SAL EM QUEIJO MINAS FRESAL E O EFEITO DA INFORMAÇÃO SOBRE A PREFERÊNCIA DO CONSUMIDOR	18
RESUMO	19
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1 Processamento do queijo tipo Minas Frescal	23
2.2 Análise de sobrevivência	25
2.3 Concentração ótima de sal e aceitação - Estudo I	26
2.4 Concentração ótima de sal e aceitação – Estudo II (Incluindo a informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal)	27
2.5 Análise estatística	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.1 Concentração ótima de sal e aceitação - Estudo I	28

3.2 Concentração ótima de sal e aceitação– Estudo II (Incluindo a informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal)	30
4 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO III	44
EFEITO DO MÉTODO DE SALGA E DO TEOR DE CLORETO DE SÓDIO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DO QUEIJO MINAS FRESICAL.....	44
RESUMO	45
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.1 Processamento do queijo	49
2.2 Análises físico-químicas.....	49
2.3 Rendimento.....	50
2.4 Análise Sensorial das amostras	50
2.4.1 Levantamento de atributos.....	50
2.4.2 Avaliação da preferência e questionário CATA.....	50
2.5 Análise estatística	51
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1 Análises Físico-Químicas e Rendimento.....	51
3.2 Análise de componentes principais	55
3.3 Análise sensorial.....	57
3.3.1 Perfil dos consumidores	57
3.3.2 Teste de aceitação.....	59
3.3.3 Check-all-that-apply (CATA)	61
4 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
CAPÍTULO IV	76
EFEITO DA ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E SENSORIAIS DE QUEIJO MINAS FRESICAL COM REDUÇÃO DE SÓDIO	76
RESUMO	77
1. INTRODUÇÃO.....	78

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	80
2.1. Processamento do queijo Minas Frescal.....	80
2.2. Alta pressão hidrostática.....	80
2.3. Análises físico-químicas.....	81
2.4. Análise instrumental de cor.....	81
2.5. Determinação de proteólise, atividade antioxidante e atividade inibidora da enzima conversora de angiotensina (ECA).....	82
2.6. Perfil de ácidos graxos.....	83
2.7. Análises microbiológicas.....	84
2.8. Análise sensorial.....	85
2.8.1 Teste de Diferença – Comparação múltipla.....	85
2.9. Delineamento experimental e análise estatística.....	85
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
3.1 Composição físico-química do queijo.....	85
3.2. Análise instrumental de cor.....	88
3.3. Determinação de proteólise, atividade antioxidante e atividade inibidora ECA.....	90
3.3.1. Efeito das variáveis de resposta para o planejamento Box Behnken.....	92
3.3.2 Análise de componentes principais.....	92
3.4. Perfil de ácidos graxos.....	93
3.5. Análise microbiológica.....	98
3.6. Análise sensorial.....	99
4. CONCLUSÃO.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
CONCLUSÕES FINAIS.....	111
ANEXOS.....	112

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil e no mundo, em geral, o consumo excessivo de sódio excede os limites recomendados, aumentando os casos de hipertensão e doenças cardíacas (DU CAILAR, RIBSTEIN e MIMRAN, 2002). De acordo com a Organização Mundial de Saúde, sua ingestão não deve ultrapassar 2000 mg por dia, o que equivale a 5g de sal (WHO, 2011).

A crescente preocupação dos consumidores com relação à saúde tem despertado o interesse cada vez maior por alimentos mais saudáveis, impulsionando o mercado de alimentos com teor reduzido de sódio (AGARWAL et al., 2011).

A adição de sal no processamento de queijos tem contribuído para o aumento da ingestão de sódio (MOSHFEGH et al., 2012). Entre os queijos, o Minas Frescal merece atenção por se tratar de um queijo de fácil produção, boa aceitação e um dos queijos mais consumidos no Brasil (PLANZER et al., 2009). De acordo com a associação brasileira de indústrias de queijo (ABIQ), a produção de queijo no Brasil em 2011 foi de 876 mil toneladas, sendo os mais produzidos os tipos: mussarela, prato, requeijão cremoso e Minas Frescal.

Utilizado há milhares de anos no processamento de queijos, o cloreto de sódio, além de conferir sabor, influencia a composição, atividade de água e enzimática, crescimento de microrganismos, sinérese da massa, solubilidade e hidratação da proteína (caseína) (GUINEE, 2004; JOHNSON et al., 2009).

Reduzir a quantidade de sal (NaCl) nos alimentos sem comprometer sua aceitação e sua funcionalidade tem sido um dos desafios da indústria alimentícia. Parcerias entre órgãos do governo (Ministério da Saúde), instituições de pesquisa e a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA) buscam alternativas para redução gradual de sódio em alimentos processados.

Assim, o uso de tecnologias alternativas, como a Alta Pressão hidrostática (APH), tem sido estudado no processamento de produtos com menor teor de sal. Acredita-se que a APH seja capaz de aumentar a percepção do gosto salgado (MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ et al., 2012).

Alta Pressão Hidrostática é uma tecnologia “não térmica” de conservação de alimentos utilizada pela aplicação de pressões elevadas 100 a 1000 Mpa (1 MPa = 9,869 atm = 10 bar), associada ou não à certa elevação da temperatura, de modo a inativar microrganismos patogênicos, deteriorantes e enzimas, mantendo suas características nutricionais e sensoriais desejáveis (ROSENTHAL, 2008). Uma das razões da conservação destas características é a preservação de compostos contendo ligações covalentes em suas moléculas (vitaminas e compostos voláteis), as quais são pouco afetadas pela pressão (LABOISSIÈRE et al., 2007). Seu uso em processamento de alimentos já tem sido bem explorado, no entanto a possibilidade de contribuição positiva do uso da alta pressão para desenvolvimento de alimentos com baixo/reduzido teor de sódio permanece praticamente inexplorada. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento dos consumidores frente às diferentes concentrações de sal, a relação método de salga e teor de sal e o efeito da alta pressão hidrostática no queijo Minas Frescal com teor reduzido de sódio. Para tanto, esta tese foi estruturada em Capítulos da seguinte forma:

- **Capítulo I – “Revisão de literatura”**, que compreende as principais estratégias e técnicas alternativas no processamento de alimento com teor reduzido de

sódio.

- **Capítulo II – “Identificando a concentração ótima de sal em Queijo Minas frescal de acordo com o consumidor”.** Neste capítulo apresenta-se um estudo sobre a concentração ótima de sal no queijo Minas Frescal e avalia o efeito da informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal à saúde na preferência do produto pelo consumidor, utilizando a técnica Análise de sobrevivência, teste de aceitação e teor ideal de sal.
- **Capítulo III – “Efeito do método de salga e do teor de cloreto de sódio nas características físico-químicas e sensoriais do queijo Minas Frescal”.** Neste capítulo realizou-se a formulação do queijo Minas Frescal utilizando dois métodos de salga (salga no leite ou salga na massa) e três teores de cloreto de sódio. Avaliou-se o efeito sobre o rendimento, composição centesimal (umidade, cinzas, proteína, gordura), acidez total, pH, minerais (teor de sódio e cálcio) e características sensoriais.
- **Capítulo IV – “Efeito da alta pressão hidrostática em queijo Minas Frescal com redução de sódio”.** Este capítulo teve como objetivo avaliar o efeito da AHP em queijo Minas Frescal reduzido de sódio. Foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, S. et al. Sodium content in retail Cheddar, Mozzarella, and process cheeses varies considerably in the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 3, p. 1605-1615, 3// 2011.

DU CAILAR, G.; RIBSTEIN, J.; MIMRAN, A. Dietary sodium and target organ damage in essential hypertension. **American journal of hypertension**, v. 15, n. 3, p. 2002.

GUINEE, T. Salting and the role of salt in cheese. **International Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 2-3, p. 99-109, 2004.

JOHNSON, M. E. et al. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 3, p. 252-268, 2009.

LABOISSIÈRE, L. H. et al. Food processing innovation: a case study with pressurized passion fruit juice. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 3, p. 108-123, 2007.

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Y. et al. High Hydrostatic Pressure Processing of Cheese. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 4, p. 399-416, 2012.

MOSHFEGH, A. et al. Vital signs: Food categories contributing the most to sodium consumption-United States, 2007–2008. **MMWR Morb Mortal Wkly Rep**, v. 61, n. 5, p. 92-98, 2012.

PLANZER JR, S. et al. Food safety knowledge of cheese consumers. **Journal of food science**, v. 74, n. 1, p. M28-M30, 2009.

ROSENTHAL, A. Tecnologia de alimentos e inovação: tendências e perspectivas. **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, 2008.

WHO. **Review and updating of current WHO recommendations on salt/sodium and potassium consumption**. Geneva, Switzerland: World Health Organization 2011.

CAPÍTULO I

ALTERNATIVES TO REDUCE SODIUM IN PROCESSED FOODS AND THE POTENTIAL OF HIGH PRESSURE TECHNOLOGY

Artigo publicado na revista
Food Science and Technology - ISSN 0101-2061

ALTERNATIVES TO REDUCE SODIUM IN PROCESSED FOODS AND THE POTENTIAL OF HIGH PRESSURE TECHNOLOGY

ABSTRACT

In most industrialized countries, the sodium intake exceeds the nutritional recommendations. In this sense the search for healthier foods has led the food industry to review their formulations in relation to food components such as salt, which is associated with increased risk of chronic diseases. As a result, different strategies for reducing salt levels in processed foods have been investigated. Among the technological options available, the high-pressure processing has stood out by presenting intrinsic technological advantages that can contribute to optimization of food formulations with low / reduced sodium contents. This review provides a brief overview of the key strategies and use of high pressure in the development of reduced-salt products.

KEYWORDS: salt reduction; excessive consumption; technological options; High Pressure Processing (HPP), hypertension risk.

Practical application: Alternatives to sodium reduction in processed foods are presented in this study, and can serve as a reference source for future joint studies of research institutions, food industries, and regulatory health agencies. Although sodium chloride has relevant technological and sensory functions in food products, excess consumption may lead to the risk of cardiovascular diseases. Salt replacement by other salts and ingredients are discussed, in particular, the potential use of high pressure technology.

1 INTRODUCTION

Reducing salt levels in processed food has been one of the goals of the food industry (WHO, 2011). Although sodium chloride is an essential nutrient for maintenance of health, excessive consumption is associated with the development of cardiovascular diseases, hypertension, neurological diseases, osteoporosis, gastric cancer, kidney disease, asthma, and obesity (DU CAILAR, RIBSTEIN e MIMRAN, 2002; DOYLE e GLASS, 2010; HE e MACGREGOR, 2010; WYNESS, LAURA A, BUTRISS, JUDITH L e STANNER, SARA A, 2012). Therefore, the World Health Organization (WHO) recommends reducing sodium in order to promote health (WHO, 2011). Accordingly, there is a growing interest in producing low sodium foods. However, salt is an important ingredient in foods concerning the technological and sensorial aspects, thus characteristics such as taste and texture may be affected when it is reduced in the formulation (Desmond, 2006), influencing consumers' acceptance (SAINT-EVE et al., 2009).

In Brazil, recent report has shown that most sodium source is originated from the table salt (NaCl) (Collucci, 2013). Despite low-sodium products have been found in some markets, the production of these items with satisfactory sensory acceptance and technological performance is still a challenge (AGARWAL et al., 2011; CRUZ, ADRIANO G. et al., 2011). Therefore, several studies (NOORT et al., 2010) have been conducted to find alternatives that enable to keep the same functionality, but with partial reduction or even total elimination of sodium from formulations. Among them, processing of low sodium foods, especially meat (RUUSUNEN et al., 2005; ALIÑO et al., 2009; CAMPAGNOL et al., 2012) and cheese (CRUZ, ADRIANO G. et al., 2011; GOMES et al., 2011; GRUMMER et al., 2013; GANESAN et al., 2014) has gained much attention.

Alternative technologies such as the use of high hydrostatic pressure (CREHAN, TROY e BUCKLEY, 2000; OZTURK et al., 2013), replacement by sodium potassium (ALIÑO et al., 2010; POJEDINEC et al., 2011), natural flavor enhancers (JIMENEZ-MAROTO, SATO e RANKIN, 2013) and encapsulation of salt crystals (NOORT, BULT e STIEGER, 2012) have been studied to reduce salt and / or to increase the perception of salty taste in food.

This review is intended to provide possible techniques as alternative for salt reduction in processed foods, particularly high hydrostatic pressure as a strategy for development of low sodium processed foods.

2 STRATEGIES FOR REDUCING SALT IN PROCESSED FOODS

The setting targets to reduce salt levels have stimulated the search for innovative techniques and methods. It is emphasized that success in techniques to reduce salt levels in food is a multidimensional problem, involving the nature of the product, its composition, and the type of industrial processing (RUUSUNEN e PUOLANNE, 2005). Common approaches include reducing the amount of salt added during food processing (CORRAL, SALVADOR e FLORES, 2013; AASLYNG, VESTERGAARD e KOCH, 2014; PAULSEN et al., 2014), replacement with low-sodium blends (KCl, CaCl₂ or MgCl₂) (GELABERT et al., 2003; LILIC, MATEKALO-SVERAK e BOROVIC, 2008; ZANARDI et al., 2010; ARMENTEROS et al., 2012; CAMPAGNOL et al., 2012; CHOI et al., 2014; PAULSEN et al., 2014; WU et al., 2014), use of flavor enhancers such as monosodium glutamate (CAMPAGNOL et al., 2011; CAMPAGNOL et al.,

2012; DOS SANTOS et al., 2014), slight salt reduction (LIEM, MIREMADI e KEAST, 2011), and change in the form of salt (KILCAST, RIDDER e ANGUS, 2007).

2.1 NaCl replaced by other salts / ingredients

Among the substitutes for table salt (NaCl), potassium chloride (KCl) is the most common (HE e MACGREGOR, 2010). However, the replacement of salt by KCl in most foods must be made partially or limited to 30%, since higher levels provide bitter and metallic aftertaste (DOYLE e GLASS, 2010; TOLDRÁ e REIG, 2011; GRUMMER et al., 2013; HORITA et al., 2014).

Previous studies have shown to be possible to replace 30 to 40% NaCl for KCl in fermented sausages (PAULSEN et al., 2014). In this sense, Rodrigues et al. (2014) developed mozzarella cheese with low sodium content using salt blends. The three Mozzarella cheese formulations were: Formulation A (control) produced only with NaCl (0% sodium reduction), formulation B (30% sodium reduction), and formulation C (54% sodium reduction). Each formulation was produced using a salt blend consisting of NaCl, KCl and monosodium glutamate at different concentrations. They concluded that the salt levels did not have a negative impact, and the use of the salt blend is a viable alternative for the production of mozzarella, with a reduction of up to 54% sodium while maintaining acceptable the perception of salty taste. Wu et al. (2014) evaluated the partial replacement of NaCl for KCl in bacon samples. Three salt treatments were studied: I (100% NaCl), II (60% NaCl and 40% KCl), and III (30% NaCl and 70% KCl). In general, the sensory results indicate to be possible to reduce 40% NaCl without adverse effects on sensory characteristics such as taste and texture attributes, and did not significantly influence the proteolysis. Choi et al. (2014) studied the combined effect of sodium chloride (NaCl) with potassium lactate (R-lactide) and calcium ascorbate (Ca-ascorbate) on the physicochemical and sensory characteristics of low salt sausages (1.2% NaCl). Sausages produced with 40% substitution of NaCl, 30% K-lactate and 10% Ca-ascorbate exhibited water retention capacity, texture properties and sensory characteristics similar to the control. The authors suggested the use of these salt blends to reduce NaCl content in meat products. The effect of the partial substitution of NaCl for KCl in probiotic Akawi cheese (fresh cheese) was investigated by Ayyash et al. (2012) during 30 days of storage at 4 ° C. The chemical composition, proteolytic activity, and sensory analysis were conducted to determine the effects of substitution. The results showed no significant differences in the chemical composition and sensory attributes of the cheese, including creaminess, bitter taste, salty taste, and sour taste. A decrease in the growth of probiotic bacteria was observed, depending on the microorganism species used (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*). In Minas fresh cheese, the replacement of NaCl by 25, 50, and 75% KCl showed differences in chemical composition, as well as increased proteolytic activity and decreased hardness during storage. Furthermore, the sensory study indicated the feasibility of partial substitution of 25% NaCl by KCl (GOMES et al., 2011). Salts without chloride ions as Na-K-lactate and lactate are examples of ingredients used to compensate for changes in salty taste and lower antimicrobial effect in low sodium meat products (DOYLE e GLASS, 2010).

2.2 Flavor enhancers

Flavor enhancers such as monosodium glutamate (MSG), disodium inosinate (IMP), yeast extract and hydrolyzed vegetable protein (HVP) extend the perception of

salty taste and can reduce the sodium content in the final product by 40% (WALLIS e CHAPMAN, 2012). Enhancers act by increasing the flavor perception, due to activation of umami taste receptors (MCGOUGH et al., 2012). Dos Santos et al. (2014) produced fermented sausages with two levels of substitution of NaCl by KCl, combined with monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate and the amino acids lysine, and taurine. The color values (L^* , a^* , b^*) and texture profiles were also examined. The authors suggested that 50% replacement of NaCl with KCl and the addition of flavor enhancers produced fermented cooked sausages with suitable physicochemical and sensory qualities. The addition of such compounds in suitable levels was sufficient to eliminate the defects caused by the replacement of 50% and 75% NaCl by KCl, thus resulting in a sodium reduction of 68% in the sausages. Grummer et al. (2013) investigated the partial substitution of NaCl by KCl in Cheddar cheese. To reduce the taste of bitter and metallic caused by the use of KCl, flavour enhancers were used, due to their ability to reduce these undesirable sensory effects. The cheese was processed using 60% NaCl, 40% KCl and flavor enhancers (hydrolyzed vegetable protein / yeast extract). The study showed that Cheddar cheese with low-sodium obtained from the partial replacement of NaCl by KCl can result in good consumer acceptance due to adequate perception of salty taste and low bitterness. The use of flavor enhancers lead to mixed results. According to some judges, those compounds influenced the taste in a positive way, while for others they resulted in a significant reduction in the liking score. McGough et al. (2012) investigated quality and sensory impacts associated with partial replacement and/or reduction of normally added NaCl using a natural flavor enhancer (NFE) in frankfurters. Different levels of natural flavor enhancer, NaCl, and KCl were used to produce the sausages. The natural taste enhancer contained the following ingredients: water, soybeans, wheat, salt, and alcohol. As a result the authors suggested that the use of enhancer allowed a reduction of 20% NaCl with no adverse effects on the sensory quality of the product. Conversely, when the partial substitution of NaCl for KCl combined with the use of enhancer was used, the reduction of NaCl was 35% without compromising the sensory attributes of the product. Campagnol et al. (2011b) investigated the replacement of 50% NaCl by KCl and addition of the amino acids and flavor enhancers in fermented sausages. The NaCl concentration was reduced from 2.5% to 1.25%. For the treatments with NaCl replaced by KCl, the amino acids lysine and taurine were added, in addition to the flavor enhancers (50% disodium inosinate and 50% disodium guanylate). Although the results of this study have shown that replacing 50% of NaCl by KCl did not cause changes in the fermentation and dehydration of sausages, the sensory quality was negatively affected. However, using the amino acid lysine at a concentration of 1% with disodium inosinate (300 mg / kg) and disodium guanylate (300 mg / kg), the sensory defects resulting from substitution of 50% NaCl by KCl were suppressed. Despite these ingredients have provided improvements in flavor, they are associated with negative health aspects (INSAWANG et al., 2012). The use of MSG, for example, is related to health problems like headache, hyperactivity and metabolic changes that may result in serious disorders (KILCAST, RIDDER e ANGUS, 2007). The use of yeast and hydrolyzed protein extracts can mask flavors in low sodium meat products, but has limited use to levels around 40% due to undesirable flavor (meat flavor) in some foods, causing rejection by consumers. Campagnol et al. (2011a) investigated the replacement of 25% and 50% NaCl by KCl in fermented sausages. The concentrations of 1% and 2% of commercial yeast extract produced from *Saccharomyces cerevisiae* were added to the fermented sausages with reduced sodium content. The results indicated that substitution of NaCl for KCl did not significantly affect the physicochemical or microbiological

characteristics. Regarding the sensory characteristics, the product had a negative score for the attribute flavor when substituted at 50% NaCl, and the use of yeast extract at a concentration of 2% contributed to the suppression of sensory defects caused by the addition of KCl.

Reducing sodium in the production of white bread was investigated by (JIMENEZ-MAROTO, SATO e RANKIN, 2013). Bread samples were prepared using a fermented soy product as the main sodium source (natural flavor enhancer - NFE) to replace table salt. The white bread samples were made using table salt (NaCl), and the replacement of 25%, 50% and 100% of sodium by NFE. The replacement of table salt by NFE resulted in increased perception of salty taste. The authors suggested a 40% sodium reduction in white bread, and a good sensory acceptability (flavor, taste, texture and aroma) was observed with 25 % salt reduction.

2.3 Structure of salt crystals (NaCl) and slight salt reduction

The perception of the salty taste is related to the physical shape of salt crystals (BARRINGER, 2006; DESMOND, 2006; WALLIS e CHAPMAN, 2012). According to Rama et al. (2013), salt crystal size is fundamental because lower salt crystals are more easily diffused into the product, leading to a greater perception of salty taste. It is believed that the perception of salty taste occurs due to the solubility of sodium chloride in saliva, resulting in increased perception of such attribute.

In recent years, companies such as Morton and Cargill have optimized the physical form of the salt crystals (NaCl) in order to make them more soluble (DESMOND, 2006). Johnson et al. (2008) studied the effect of the size and shape of NaCl particles to prepare a seasoning. These authors found that as the size of salt particles decreased (20 μm), their diffusion into the food matrix increased, resulting in higher perception of salty taste by assessors. Another technique that has been used is a gradual reduction of the content during food production (LIEM, MIREMADI e KEAST, 2011). This technique consists of making the consumer gradually accustomed to low salt foods, without necessarily noticing that the food is less salty. Through this technique, some manufacturers have managed reductions of up to 50% salt in some rice and corn based products (WALLIS e CHAPMAN, 2012). Bobowski et al. (2015) investigated the gradual salt reduction compared to the abrupt salt reduction. Eighty-three subjects participated in a three-part study: an initial taste test, a 16-week longitudinal study, and a final taste test. At the initial and final taste tests, subjects indicated liking of tomato juice at four salt concentrations ranging from 136 mg sodium/serving (low sodium) to 640 mg sodium/serving (comparable to a commercially available product). To create two groups for the 16-week study, subjects were balanced for motivation to reduce dietary salt intake, and hedonic sensitivity to salt (the difference in liking between the highest and lowest salt concentrations in tomato juice served at the initial taste test). One group received juice abruptly reduced in salt at week 4 to a target low sodium level; the second group received juice gradually reduced in salt. The results showed that the gradual reduction of salt was more effective than the abrupt reduction of the salt. Subjects with low hedonic sensitivity responded favorably to both salt reduction strategies. The results showed that the gradual salt reduction was more effective than the abrupt salt reduction. Subjects with low hedonic sensitivity responded favorably to both salt reduction strategies. However, subjects with high sensitivity hedonic disliked the juice and salt reduction at some point during the study, regardless of the strategy.

2.4 Alternative technology to reduce sodium in foods: High pressure (HP)

High-pressure processing (HPP) is a non-thermal preservation technique that inactivates harmful pathogens and vegetative spoilage microorganisms by using pressure rather than heat. HPP uses intense pressure (about 400-600 MPa or 58,000-87,000 psi) and mild process temperatures (<45 °C), allowing most foods to be preserved with minimal effects on taste, texture, appearance, and nutritional value (CRUZ et al., 2010). The positive effects of high pressure in processed food such as meat and dairy products as regards the sensory quality and technological attributes have been widely reported including *in vivo* studies (WANG et al., 2015). However, the possibility of the positive contribution of HPP to the development of low sodium foods remains almost unexplored.

2.4.1 Meat products

Meat and meat products are considered the second largest sodium contributor in diet, followed by bakery products. For some time, the meat industry has used the high hydrostatic pressure to improve their products (VERCAMMEN et al., 2011). Its use in meat confers microbiological stability and changes in the functional properties of proteins, such as absorption and water retention, improving emulsifying ability, and solubilizing myofibrillar proteins (IWASAKI et al., 2006).

Some studies have been conducted to investigate the interaction between high pressure and salt levels in the functional properties of meat products (GROSSI et al., 2012). High pressure processing has excellent potential as a complementary technology to reduce the salt content and increase the shelf life of the product. In fact, O'Flynn et al. (2014) compared the effect of pork pressurization in the preparation of low sodium sausages. The treatment consisted of subjecting the sample to different salt levels (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 2.5%) at 150MPa / 5min. Salt levels below 1.5% resulted in negative effects on color, texture, juiciness and firmness of the products. However, the results indicate that the treatment at 150 MPa and salt levels above 2% have potential for manufacturing sausages with no negative effects on the sensory attributes.

The development of low sodium meat products suggests the existence of a multifactorial process, with interactions between HPP parameters (pressure, temperature and time), salt level, and concentration of additives (polyphosphates), affecting the functional properties of meat products (VILLAMONTE et al., 2013; O'FLYNN et al., 2014; SPERONI, SZERMAN e VAUDAGNA, 2014). Research conducted by Villamonte et al. (2013) studied high pressure processing in pork (350 MPa / 6 minutes / 20 ° C), associated with the use of salt (1.5-3.0%) and phosphate (0.25-0.5%), and found that HP yielded a synergistic effect between texture and water retention capacity, suggesting the possibility of development of low sodium meat products without addition of polyphosphates. Speroni et al. (2014) investigated the effect of HP (200 MPa and 300/5 min / 5 °C), concentration of sodium tripolyphosphate (STPP) and sodium chloride (NaCl) on the production of burgers. The burgers were prepared with the following composition: 80% lean meat (w / w), 10% water (w / w); 0, 1, or 2% sodium chloride, and / or 0; 0.25 or 0.5% sodium tripolyphosphate, and the percentage of meat has been modified according to salt levels. Changes in texture and technological properties of the reduced-salt meat products were observed, depending on the type of salt, concentration levels, and pressure applied (200 to 300MPa). Other authors have investigated the effect of high pressure on the commercial cured meat products

(CLARIANA et al., 2011) and in all cases (dry cured loin and cured ham) the salinity levels increased after high pressure application (> 500 MPa). Since an increase in the salt content after pressurization was not observed, the increase in the salty taste perception cannot be related to higher salt contents. Thus, it was suggested that high pressure has changed the interactions between sodium ions and proteins, resulting in the release of Na⁺ and making them more accessible to the taste cells (CLARIANA et al., 2011). Thus, there is evidence that high pressure can provide a natural increase saltiness, thus being an alternative for salt reduction.

The use of unconventional ingredients in meat based formulations such as fiber and starch has also been mentioned as potential alternative for the synergistic action of HPP on low sodium meat products. Grossi et al. (2012) investigated the effect of high hydrostatic pressure (400, 600, and 800 MPa) combined with the use of ingredients such as carrot and potato starch fibers in pork sausages with low salt content (1.2 and 1.8 % w / w). HPP has also proven to be a promising technique to improve salty taste in cured hams pressurized at 300, 600 and 900 MPa / 300 s (PICOUET et al., 2012). The authors observed an increase in both water retention capacity and mobility of sodium confirmed by nuclear magnetic resonance and transmission electron microscopy, which evidenced that sodium was more uniformly distributed in the product. Similar results were observed in frozen hams in two production stages (at the beginning or end of maturation) (SERRA et al., 2007). The use of HPP (400MPa to 600 MPa / 10 min) led to a decrease in salt absorption, when compared to non-pressurized hams, probably due to proteins denaturation and increased proteolytic activity. Crehan et al.(2000) produced sausages with salt levels of 1.5% and 2.5 subjected to pressure of 150 to 300 MPa. The samples were evaluated for emulsion stability, color, and sensory characteristics and compared with the control (non-pressurized treatment). The results demonstrated that the texture, protein functionality, and the saltiness perception was improved in sausages made with less salt and subjected to high hydrostatic pressure (150MPa). Ferrini et al.(2012) reported that the reduction or replacement NaCl by KCl or K-lactate combined with a process of rapid drying and high pressure enabled the production of low-sodium dry cured meat, with no effects on appearance and with less microbiological risk. Fulladosa et al. (2012) stated that the use of K-lactate combined with high pressure treatment (600 MPa) led to an additional reduction in microbial counts and adhesiveness and an increase in pink color, brightness, hardness and salinity of the products.

2.4.2 Dairy Product: cheese

The high pressure applied to the production of dairy products has received considerable attention in recent years (TRUJILLO et al., 2002).

Among dairy products, cheese represents a decisive contribution to sodium intake in countries with different socio-economic levels (AGARWAL et al., 2011; NI MHURCHU et al., 2011; MOSHFEGH et al., 2012). The consumption of cheese varies broadly in the world and is the main growth in the dairy product industry, along with fermented products. Considering that the portion size and frequency of cheese consumption can vary among consumers, these results are quite alarming from a public health point of view, and contribute significantly to the sodium intake by the population (FELICIO et al., 2013). The situation becomes more aggravating in the category of processed cheese, in which sodium-based emulsifying salts are needed for the melting step, being intrinsic to the product. In this context, as well as meat products, there is a need to recast the cheese formulations to meet the recommendations of health agencies.

Previous studies on the production of high-pressure treated cheeses have focused on the coagulation properties. High pressure can improve milk coagulation properties, reduce clotting time and increase gel firmness (ZAMORA et al., 2012). The application of high pressure to the milk prior to cheese manufacture have been scientifically explored and, when combined with manufacturing protocols, it can produce high quality cheese without the health risks caused by pathogenic contamination, such as *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* (MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ et al., 2012). HPP of milk affects coagulation and cheesemaking properties indirectly through a number of effects on milk proteins, including the reduction in the size of casein micelles and denaturation of β -lactoglobulin, probably followed by interaction with micellar κ -casein (O'REILLY et al., 2001). Voigt et al. (2012) observed that high pressure treatment at 600 MPa milk prior to Cheddar cheese production reduced the initial microbial load, and increased proteolysis during ripening. Trujillo et al. (2002) have reported the potential changes induced by high pressure in dairy products. The use of high pressure for manufacture of cheese with low / reduced sodium is not a common practice in literature and unlike meat products, few reports are available. However, the results have shown the potential of HPP for this purpose. In fact, HHP can alter water and salt distribution in the cheese matrix, due to the conversion of free water into protein-bound water and a reduced compliance of the cheese matrix during pressure brining (MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ et al., 2012). Salt addition increases the ionic strength in cheese, which promotes increased solvation of proteins, thus altering protein interactions. Such increased protein-to-water interactions cause partial relaxation of the protein matrix, which becomes more hydrated and swells. As an immediate consequence, the perception of salty taste in the cheese matrix can increase even with a smaller amount of salt added to the formulation because of a possible more homogeneous distribution in the product matrix. As also reported for meat products, the manufacture of cheese with low / reduced sodium using HPP is a multifactorial process, with interactions between HPP conditions (time, temperature, and pressure level), type of cheese (fresh or ripened), and salt concentration, which was evidence by a recent study on Cheddar cheese Ozturk et al. (2013) formulated with four sodium levels (regular, reduced, low, and none; 5.3, 2.5, 1.9, and 0.2% sodium chloride) and treated by high pressure (405 MPa / 3 min). Pressure treated and non-treated cheeses containing similar NaCl levels showed similar sensory profiles with regards to sour taste, salty taste, and bitterness.

3 CONCLUSIONS

The main sodium source in diet is the table salt (NaCl). Although adequate sodium intake is necessary for the proper functioning of the body, the consumption of excessive amounts of sodium is associated with diseases such as hypertension. Studies have been conducted to promote the consumption of low sodium foods, thus some strategies for sodium reduction in processed foods were presented in this review. Alternatively, there are a number of techniques that have or can be implemented in food manufacturing in various sectors, especially the high-pressure processing. However, challenges in the development of food products on a commercial scale indicate that further studies to optimize the sensory and technological properties of the salt reduced products should be performed. The joint work of research institutions, food industries and regulatory health agencies, especially when considering the consumer, can bring positive responses towards the salt reduction target.

REFERENCES

AASLYNG, M. D.; VESTERGAARD, C.; KOCH, A. G. The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 47-55, 1// 2014.

AGARWAL, S. et al. Sodium content in retail Cheddar, Mozzarella, and process cheeses varies considerably in the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 3, p. 1605-1615, 3// 2011.

ALIÑO, M. et al. Influence of low-sodium mixtures of salts on the post-salting stage of dry-cured ham process. **Journal of Food Engineering**, v. 99, n. 2, p. 198-205, 7// 2010.

ALIÑO, M. et al. Influence of sodium replacement on physicochemical properties of dry-cured loin. **Meat Science**, v. 83, n. 3, p. 423-430, 11// 2009.

ARMENTEROS, M. et al. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts. **Meat Science**, v. 90, n. 2, p. 361-367, 2// 2012.

BARRINGER, S. A. **Coating Snack Foods**. In: Hui YH, ed. **Handbook of Food Science, Technology and Engineering**. Food Engineering and food processing. New York: CRC Press: 1691 – 1699 p. 2006.

CAMPAGNOL, P. C. B. et al. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. **Meat Science**, v. 91, n. 3, p. 334-338, 7// 2012.

CAMPAGNOL, P. C. B. et al. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. **Meat Science**, v. 87, n. 3, p. 290-298, 3// 2011.

CHOI, Y. M. et al. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 21-25, 1// 2014.

CLARIANA, M. et al. Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 456-465, 10// 2011.

CORRAL, S.; SALVADOR, A.; FLORES, M. Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 776-785, 3// 2013.

CREHAN, C. M.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. **Meat Science**, v. 55, n. 1, p. 123-130, 5// 2000.

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

CRUZ, A. G. et al. Survival analysis methodology to predict the shelf-life of probiotic flavored yogurt. **Food Research International**, v. 43, n. 5, p. 1444-1448, 6// 2010.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 188-196, 9// 2006.

DOS SANTOS, B. A. et al. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 509-513, 1// 2014.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium Reduction and Its Effect on Food Safety, Food Quality, and Human Health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 1, p. 44-56, 2010.

DU CAILAR, G.; RIBSTEIN, J.; MIMRAN, A. Dietary sodium and target organ damage in essential hypertension. **American journal of hypertension**, v. 15, n. 3, p. 222-229, 2002.

FELICIO, T. L. et al. Cheese. What is its contribution to the sodium intake of Brazilians? **Appetite**, v. 66, n. 0, p. 84-88, 7/1/ 2013.

GANESAN, B. et al. Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 4, p. 1970-1982, 4// 2014.

GELABERT, J. et al. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 833-839, 10// 2003.

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

GROSSI, A. et al. Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 481-489, 12// 2012.

GRUMMER, J. et al. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1401-1418, 3// 2013.

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Reducing Population Salt Intake Worldwide: From Evidence to Implementation. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 52, n. 5, p. 363-382, 2010.

HORITA, C. N. et al. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, n. 0, p. 29-35, 12// 2014.

INSAWANG, T. et al. Monosodium glutamate (MSG) intake is associated with the prevalence of metabolic syndrome in a rural Thai population. **Nutrition & Metabolism**. 2012

IWASAKI, T. et al. Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty. **Food Chemistry**, v. 95, n. 3, p. 474-483. 2006.

JIMENEZ-MAROTO, L. A.; SATO, T.; RANKIN, S. A. Saltiness potentiation in white bread by substituting sodium chloride with a fermented soy ingredient. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 2, p. 313-317, 2013.

KILCAST, D.; RIDDER, C. D.; ANGUS, F. Sensory issues in reducing salt in food products. **Reducing salt in foods: Practical strategies**, p. 201-220, 2007.

LIEM, D. G.; MIREMADI, F.; KEAST, R. Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. **Nutrients**, v. 3, n. 6, p. 694, 2011.

LILIC, S.; MATEKALO-SVERAK, V.; BOROVIĆ, B. Possibility of replacement of sodium chloride by potassium chloride in cooked sausages: Sensory characteristics and health aspects. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 24, n. 1-2, p. 133-138, 2008.

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Y. et al. High Hydrostatic Pressure Processing of Cheese. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 4, p. 399-416, 2012.

MCGOUGH, M. M. et al. Reducing sodium levels in frankfurters using a natural flavor enhancer. **Meat Science**, v. 91, n. 2, p. 185-194, 6// 2012. I

MOSHFEHGH, A. et al. Vital signs: Food categories contributing the most to sodium consumption-United States, 2007–2008. **MMWR Morb Mortal Wkly Rep**, v. 61, n. 5, p. 92-98, 2012.

NI MHURCHU, C. et al. Sodium content of processed foods in the United Kingdom: analysis of 44,000 foods purchased by 21,000 households. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 93, n. 3, p. 594-600, March 1, 2011 2011.

NOORT, M. W. J.; BULT, J. H. F.; STIEGER, M. Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 2, p. 218-225, 3// 2012.

NOORT, M. W. J. et al. Saltiness enhancement in bread by inhomogeneous spatial distribution of sodium chloride. **Journal of Cereal Science**, v. 52, n. 3, p. 378-386, 11// 2010.

O'FLYNN, C. C. et al. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1266-1274, 3// 2014.

O'REILLY, C. E. et al. High pressure treatment: applications in cheese manufacture and ripening. **Trends in Food Science & Technology**, v. 12, n. 2, p. 51-59, 2// 2001.

OZTURK, M. et al. The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. **International Dairy Journal**, v. 33, n. 2, p. 175-183, 12// 2013.

PAULSEN, M. T. et al. Effects of NaCl substitution on the sensory properties of sausages: Temporal aspects. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 164-170, 10// 2014.

PFLANZER, S. et al. Revisão: Efeito do processamento por alta pressão hidrostática nas características físico-químicas, microbiológicas e nutricionais do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 4, p. 241-251, 2008.

PICOUET, P. A. et al. High pressure processing of dry-cured ham: Ultrastructural and molecular changes affecting sodium and water dynamics. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 16, n. 0, p. 335-340, 10// 2012.

POJEDINEC, S. L. et al. Carcass maturity and dicationic salts affect preblended, low-fat, low-sodium restructured beef. **Meat Science**, v. 88, n. 1, p. 122-127, 5// 2011.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 531-541, 7// 2005.

RUUSUNEN, M. et al. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. **Meat Science**, v. 69, n. 1, p. 53-60, 1// 2005.

SAINT-EVE, A. et al. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 167-175, 9/1/ 2009.

SERRA, X. et al. High pressure applied to frozen ham at different process stages. 1. Effect on the final physicochemical parameters and on the antioxidant and proteolytic enzyme activities of dry-cured ham. **Meat Science**, v. 75, n. 1, p. 12-20, 1// 2007. I

SPERONI, F.; SZERMAN, N.; VAUDAGNA, S. R. High hydrostatic pressure processing of beef patties: Effects of pressure level and sodium tripolyphosphate and sodium chloride concentrations on thermal and aggregative properties of proteins. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 23, n. 0, p. 10-17, 6// 2014.

TOLDRÁ, F.; REIG, M. Innovations for healthier processed meats. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 9, p. 517-522, 9// 2011..

TRUJILLO, A. J. et al. Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 3, n. 4, p. 295-307, 12// 2002.

VERCAMMEN, A. et al. Shelf-life extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 407-415, 10// 2011.

VILLAMONTE, G. et al. Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 18, n. 0, p. 15-23, 4// 2013.

WALLIS, K.; CHAPMAN, S. **Current Innovations in Reducing Salt in Food Products**. Food and health innovation service. 2012.

WANG, C.-Y. et al. Recent Advances in Food Processing Using High Hydrostatic Pressure Technology. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 00-00, 2015.

WHO. **Review and updating of current WHO recommendations on salt/sodium and potassium consumption**. Geneva, Switzerland: World Health Organization 2011.

WU, H. et al. Proteolysis and sensory properties of dry-cured bacon as affected by the partial substitution of sodium chloride with potassium chloride. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1325-1331, 3// 2014.

WYNESS, L. A.; BUTRISS, J. L.; STANNER, S. A. Reducing the population's sodium intake: the UK Food Standards Agency's salt reduction programme. **Public Health Nutrition**, v. 15, n. 02, p. 254-261, 2012.

ZAMORA, A. et al. Ultra-high pressure homogenisation of milk: technological aspects of cheese-making and microbial shelf life of a starter-free fresh cheese. **Journal of Dairy Research**, v. 79, n. 02, p. 168-175, 2012.

ZANARDI, E. et al. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. **Meat Science**, v. 86, n. 3, p. 742-747, 11// 2010.

CAPÍTULO II

IDENTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO ÓTIMA DE SAL EM QUEIJO MINAS FRESCAL E O EFEITO DA INFORMAÇÃO SOBRE A PREFERÊNCIA DO CONSUMIDOR

Trabalho apresentado no
11º Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos

IDENTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO ÓTIMA DE SAL EM QUEIJO MINAS FRESCAL E O EFEITO DA INFORMAÇÃO SOBRE A PREFERÊNCIA DO CONSUMIDOR

RESUMO

A maior parte da população mundial consome sódio acima do recomendado. Este estudo objetivou identificar a concentração ótima de sal no queijo Minas Frescal e avaliar o efeito da informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal à saúde na preferência do consumidor pelo produto. No primeiro estudo foi utilizada a análise de sobrevivência para identificar a concentração de sal ótima no queijo Minas Frescal. 105 consumidores avaliaram seis amostras de queijo com diferentes concentrações de sal (0,7, 0,98, 1,37, 1,92, 2,68 e 3,76% NaCl) quanto à aceitação em escala hedônica estruturada de nove pontos. Adicionalmente, foi solicitado que indicassem o que acharam em relação ao teor de sal, escolhendo entre: “pouco salgado”, “OK” ou “muito salgado”. No segundo estudo 80 consumidores de queijo avaliaram a aceitação de sete amostras com diferentes concentrações de sal em escala hedônica estruturada de nove pontos e também responderam se eles consideraram o queijo "pouco salgado", "OK" ou "muito salgado". O estudo foi realizado em duas sessões. Na primeira sessão nenhuma informação foi dada e, na segunda foi fornecida, no início do teste, informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal à saúde. A partir dos dados foram obtidos modelos paramétricos que permitiram estimar a concentração ótima de sal para os queijos: $3,2 \pm 0,4\%$ (NaCl). Para esta concentração houve 21,5% de rejeição por parte dos consumidores, dos quais 8,3% foi em função do queijo frescal estar “pouco salgado” e 13,2% de rejeição por ter sido considerado “muito salgado”. A informação sobre os malefícios à saúde do consumo excessivo de sódio não foi significativo ($p > 0,05$). No entanto a aceitação para as baixas concentrações de sal (0,3 e 0,5%) apresentou um pequeno aumento. Queijos com maiores concentrações (1,2 a 3,76%) alcançaram as maiores médias de aceitação. Os resultados sugerem que os consumidores em geral demonstraram gostar de alimentos mais salgados sugerindo a necessidade de políticas públicas para conscientizar a população sobre os malefícios à saúde do sal em excesso.

Palavras-chave: Concentração ótima de sal, Redução de sódio, Queijo, Análise de sobrevivência.

IDENTIFICATION OF THE OPTIMAL SALT CONCENTRATION IN “MINAS FRESCAL” CHEESE AND THE EFFECT OF INFORMATION ON CONSUMER PREFERENCE

ABSTRACT

The sodium intake of the majority of the population is above the recommendation. This study aimed to identify the optimal concentration of salt of Minas Frescal cheese and evaluate the effect of information about the health damages of the excessive salt intake on the consumer preference for the product. In the first study survival analysis was used to identify the optimal salt concentration in Minas cheese Frescal. 105 consumers evaluated six samples of cheese with different salt concentrations (0.7, 0.98, 1.37, 1.92, 2.68 e 3.76% NaCl) and the acceptance in structured 9-point hedonic scales. Furthermore, consumers were required to indicate what they thought about the salt content, choosing between: "little salty", "OK" or "too salty". In the second study 80 cheese consumers evaluated the acceptance of seven samples with different salt concentrations through the structured 9-point hedonic scales, and their perception about the salt content, choosing between: "not salty", "OK" or "too salty". The study was conducted in two sessions. In the first, no information was given and, in the second session, the harm of excessive salt consumption on health was provided at the beginning of the test. From the data collected, parametric models were obtained allowing the estimation of the optimum salt concentration: 3.2 ± 0.4 (%NaCl). For this concentration, it was observed 21.5% of consumer rejection, of which 8.3% due to Frescal cheese have been considered "little salty" and 13.2% rejected for considering "too salty". Information on the health hazards of excessive sodium intake was not significant ($p > 0.05$). Nevertheless the acceptance for low salt concentrations (0.3 and 0.5%) showed a small increase. Cheeses with higher concentrations (1.2 to 3.76%) achieved higher acceptance means. The results suggest that consumers, in general, like more salty foods.

KEYWORDS: optimum salt concentration, sodium reduction, Minas Frescal cheese, survival analysis

1 INTRODUÇÃO

A maior parte da população mundial consome sódio acima do recomendado. Estudos apontam que o consumo excessivo de sódio está relacionado às doenças cardiovasculares, hipertensão arterial, aumento do risco de câncer de estômago e outras doenças crônicas (WYNESS, L. A., BUTRISS, J. L. e STANNER, S. A., 2012; MOZAFFARIAN et al., 2014). Com base nestes riscos, campanhas públicas através de agências reguladoras têm sido realizadas mundialmente com o objetivo de alertar os consumidores sobre o risco do consumo excessivo de sódio (STRAZZULLO et al., 2012; CHRISTOFOROU et al., 2015).

No Brasil não é diferente e o consumo de sódio está acima do recomendado. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o brasileiro consome 12g sal/dia, o que equivale a 4800 mg de sódio. Entre as medidas públicas adotadas pelo governo estão programas do Ministério da Saúde e da Associação Brasileira de Indústrias de Alimentação (ABIA), estabelecido em 2011, onde se estipulou a redução gradual de sódio em categorias prioritárias (laticínios, sopas e produtos cárneos) de preparações disponíveis para consumo e alimentos processados até 2020 (BRASIL, 2011).

O consumo consciente do sal está associado à melhora da qualidade de vida da população, assim estimular esta consciência tem sido um dos objetivos dos órgãos governamentais e indústrias de alimentos através de políticas públicas que promovam a informação e educação da população, melhores regras de rotulagem e reformulação de produtos, entre outros. Sabe-se que o excesso no consumo de sal e a falta de conhecimento são os grandes problemas em relação ao sal/sódio. No Reino Unido, após campanhas do governo e abordagens que incluíram sensibilização da população sobre os malefícios do consumo excessivo de sal, rotulagem e reformulação de produtos, foi observado redução no consumo de sal de 1g/dia entre os anos de 2003 e 2008 (WEBSTER et al., 2011).

Poucos estudos investigaram a capacidade do consumidor de interpretar as informações contidas nos rótulos sobre a quantidade de sal/sódio presente (Grimes, Riddell e Nowson, 2009), e a atitude do consumidor frente à informação dos malefícios advindos do consumo excessivo de sal/sódio. Embora já seja possível encontrar produtos com redução de sódio, a oferta desses itens com desempenho tecnológico e consequente aceitação sensorial ainda é um grande desafio (AGARWAL et al., 2011; CRUZ et al., 2011). Por isso, estudos têm sido realizados com o objetivo de encontrar alternativas que possibilitem manter as mesmas funcionalidades, mas reduzindo ou eliminando o sódio (NOORT, BULT e STIEGER, 2012). Dentre eles, o processamento de cárneos (RUUSUNEN et al., 2005; ALIÑO et al., 2009; CAMPAGNOL et al., 2012) e queijos com baixo teor de sódio (CRUZ et al., 2011; GOMES et al., 2011; GRUMMER et al., 2013; HYSTEAD, DIEZ-GONZALEZ e SCHOENFUSS, 2013; GANESAN et al., 2014) tem recebido bastante atenção. No Brasil o consumo de queijo tem aumentado nos últimos anos (FELICIO et al., 2013) e o queijo Minas frescal tem sido considerado um dos alimentos industrializados com maior teor de sódio. Órgãos reguladores recomendam que a ingestão diária não ultrapasse 2000 mg de sódio/dia o que corresponde a 5 g de sal (WHO, 2011). Um passo importante quando a questão é a redução de sal é identificar o que o consumidor gosta em relação ao gosto salgado. Entretanto, poucos estudos foram desenvolvidos com foco no teor de sal na produção de queijos frescos que resulte em adequada aceitação por parte dos consumidores.

A análise de sobrevivência é uma metodologia que pode ser utilizada para tal

finalidade. Trata-se de um conjunto de técnicas e modelos estatísticos cuja variável resposta é o tempo até a ocorrência do evento de interesse (KLEIN e MOESCHBERGER, 2003). Esse tempo é denominado “tempo de falha”, podendo ser o tempo até o produto tornar-se impróprio para o consumo. Tal técnica foi introduzida no estudo de vida útil em alimentos baseado na aceitação ou rejeição das amostras pelo consumidor (HOUGH et al., 2003). Os dados são analisados estimando-se a probabilidade de rejeição em função do tempo de armazenamento do produto. A principal característica de dados de sobrevivência é a presença de censura, que é a observação parcial da resposta, ou seja, a não ocorrência do evento de interesse até o término do experimento. Quando a falha não acontece, diz-se que a observação foi censurada. Contudo, esta observação, embora parcial, deve ser considerada na análise estatística. De acordo com Colosimo e Diolo (2006) sem a presença desses dados (censura) não há uma análise adequada, já que mesmo sendo observações parciais, as mesmas fornecem informações sobre o tempo até a ocorrência da rejeição. Existem três mecanismos de censura. A censura do tipo I, também denominada censura à direita, a qual ocorre quando o estudo termina após um período pré-estabelecido de tempo. Outro tipo de censura, a do tipo II é aquela onde o estudo será terminado após ter ocorrido o evento de interesse. O terceiro tipo é denominada aleatória e pode ocorrer se a observação for retirada no decorrer do estudo sem ter ocorrido o evento de interesse (KALBFLEISCH e PRENTICE, 2002).

A análise de sobrevivência caracteriza-se pelo fato do trabalho experimental sensorial ser relativamente simples: um grupo de consumidores do produto responde se aceita ou rejeita as amostras com tempos de armazenamento diferentes ou diferentes níveis de um defeito ou atributo sensorial. Outra vantagem é que a decisão do aceitar ou rejeitar está de acordo com o que os consumidores fazem regularmente quando confrontado com o produto perto do fim da sua vida útil ou no limite da intolerância sensorial (GARITTA et al., 2015). Alguns estudos têm utilizado tal metodologia na seleção da concentração de ingredientes e na estimativa da vida útil com base em dados sensoriais. Garitta et al. (2006) utilizaram a análise de sobrevivência para estimar a cor ótima em iogurtes de morango com base em dados de aceitação ou rejeição obtidos a partir de consumidores. Estudos conduzidos por Hough, Garitta e Sánchez (2004) identificaram os limites de aceitação de defeitos sensoriais (ácido, caramelo, cozido, cor escura, lipolítica e oxidado) em leite UHT. Cruz et al. (2010) concluíram que a vida útil de iogurtes probióticos estimada pela distribuição de Weibull foi superior à declarada pelo fabricante. Outro exemplo de análise de sobrevivência refere-se ao trabalho de Sosa et al. (2008) que estimou a concentração ótima de sal em pão francês a partir da perspectiva do consumidor. Giménez, Ares e Gámbaro (2008) utilizaram a análise de sobrevivência para estimar limites de ingredientes presentes na formulação do produto, como a causa de rejeição do consumidor.

Considerando a importância do queijo Minas Frescal na dieta do consumidor brasileiro, este estudo objetivou identificar a concentração ótima de sal no produto e avaliar o efeito da informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal à saúde na preferência do consumidor.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Plataforma Brasil (parecer nº 1.011.727) tendo sido realizado em duas etapas. Inicialmente foi estimada a concentração de sal ótima no queijo Minas Frescal de acordo com o consumidor do

produto (Estudo I e II) e, em seguida, avaliou-se o efeito da informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal à saúde na aceitação do produto (Estudo II).

2.1 Processamento do queijo tipo Minas Frescal

Os queijos foram processados a partir de 12 L leite pasteurizado e integral (3,0% m/m de gordura) (Cooperativa Mista de Valença, RJ, Brazil) aquecido à 37° C, adicionado de solução de cloreto de cálcio (marca Ricanata), 4,8 mL da solução a 40% (m/v), 1,2 mL ácido láctico (marca Ricanata) 0,85% (v/v), cloreto de sódio (m/v) (refinado, marca ITA) e 9,6 mL coagulante (v/v) (marca CHR Hansen®, produzida por cepa de *Aspergillus niger var. awamori*). A coagulação foi realizada a 37°C durante 45 min, seguida do corte com liras horizontais e verticais, obtendo-se cubos de 1,5 cm de lado aproximadamente, e deixado em repouso por 3 minutos. O sal foi adicionado e realizou-se a mexedura da massa durante 20 minutos, de forma lenta e suave, de maneira a proporcionar a retração do coágulo e a expulsão parcial do soro. Após esse período a massa do queijo foi vertida em formas de polipropileno de 250 g para drenagem. Transcorrido os primeiros 60 minutos foi realizada a primeira viragem, repetindo-se o processo por pelo menos mais três vezes em intervalos regulares de 30 minutos. Em seguida os queijos foram acondicionados em embalagens plásticas e armazenados sob refrigeração a 5° C até a realização das análises. Foram produzidos seis queijos para o primeiro estudo e sete queijos para o segundo, variando a concentração de sal conforme Tabela 1. As concentrações de sal foram definidas a partir de estudos preliminares conduzidos no Laboratório de Análise Sensorial (EMBRAPA) e da concentração de sal presente em queijos comercializados no país. Os queijos Minas Frescal foram fabricados conforme as etapas descritas no fluxograma de fabricação da Figura 1.

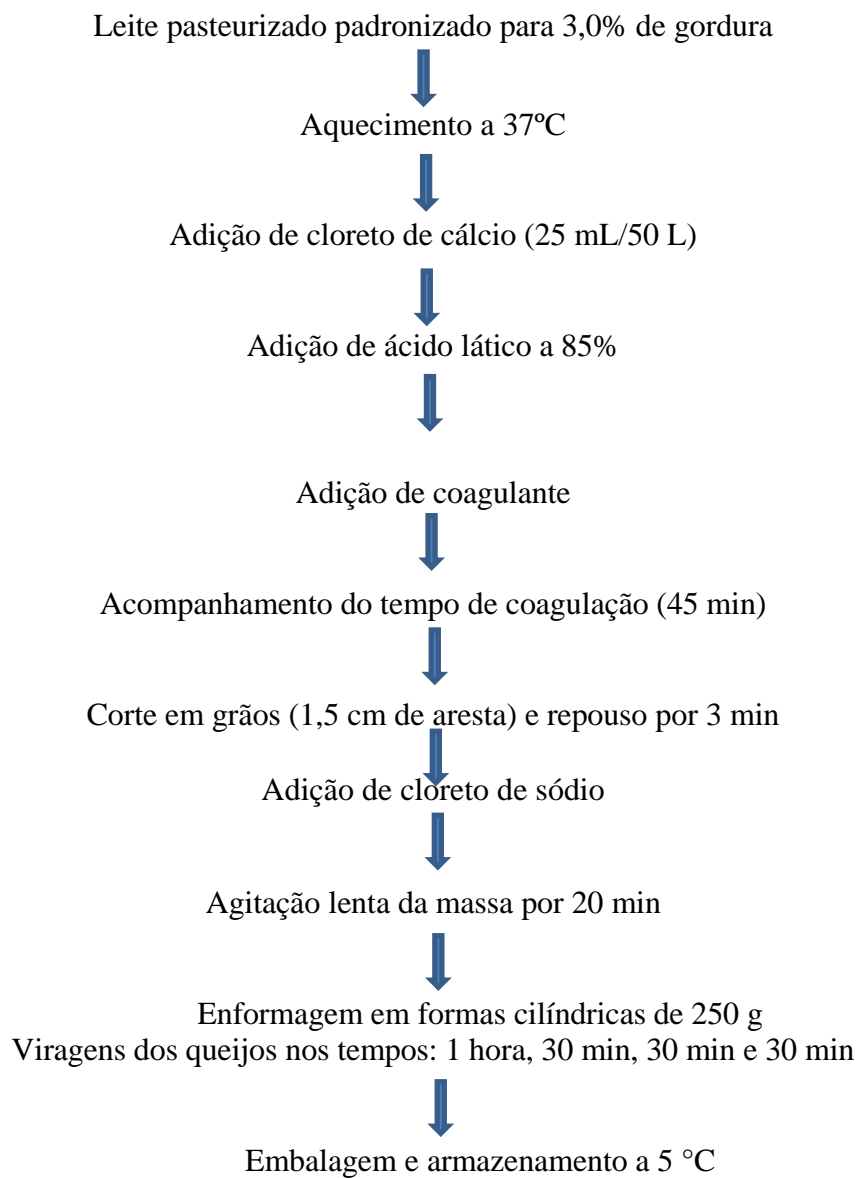


Figura 1 – Fluxograma de fabricação do queijo Minas Frescal.

Tabela 1. Concentrações de sal (NaCl) adicionado no processamento dos queijos tipo Minas Frescal nos Estudos 1 e 2.

Amostra	Concentração (%) de sal (Estudo I)	Concentração (%) de sal (Estudo II)
A	0,70	0,30
B	0,98	0,50
C	1,37	0,70
D	1,92	0,90
E	2,68	1,20
F	3,76	1,50
G	-	1,70

2.2 Análise de sobrevivência

Garitta et al. (2006) apresentaram um modelo para estimar as concentrações ótimas de um ingrediente alimentar com base na análise de sobrevivência. Este modelo tem sido utilizado no estudo de vida útil de alimentos (HOUGH et al., 2003) e foi aplicado para o presente estudo.

Para fins de definição, pode-se considerar uma variável C qualquer, sendo, por exemplo, a concentração de sal capaz de causar a rejeição da amostra. A função $F(c)$, função rejeição (HOUGH et al., 2003) é definida como a probabilidade do consumidor (ou grupo de consumidores) rejeitar sensorialmente o produto, sendo definida como $F(c) = P(C < c)$.

Ao aumentar a concentração de sal no queijo existem dois eventos de interesse do ponto de vista dos consumidores: a transição de pouco salgado para OK, e a transição de OK para muito salgado. Seguindo o modelo de (GARITTA et al., 2006) onde C é a variável aleatória que representa a concentração de sal capaz de causar a rejeição da amostra pelo consumidor e assumindo que C é absolutamente contínuo em função de distribuição $F(c)$. Para cada concentração C , haverá duas funções de rejeição:

$$F(c) = \exp \left[-\exp \left(\frac{\ln(c) - \mu}{\sigma} \right) \right]$$

$Rns(c)$ = probabilidade de um consumidor (ou grupo de consumidores) rejeitar uma amostra de queijo com concentração = c porque é pouco salgado, sendo, $Rns(c) = P(C > c) = 1 - F(c)$

$Rts(c)$ = probabilidade de um consumidor (ou grupo de consumidores), rejeitando uma amostra de queijo com concentração = c porque é muito salgado, sendo, $Rts(c) = P(C < c) = F(c)$

O uso de distribuições de probabilidades têm se mostrado bastante adequado na análise estatística de dados de sobrevivência. Essas distribuições são também denominadas modelos probabilísticos ou paramétricos de probabilidades para o tempo de falha. Embora exista uma série de modelos probabilísticos em análise de sobrevivência, alguns ocupam posições de destaque por sua comprovada adequação a várias situações práticas, entre estes modelos pode-se destacar o exponencial, o de Weibull e o log-normal.

A função de verossimilhança utilizada para estimar a função de rejeição é a probabilidade conjunta das observações dadas dos n consumidores (KLEIN e MOESCHBERGER, 2003). Neste estudo, existem duas funções de verossimilhança: Lns (pouco salgado) e Lts (muito salgado).

$$L_{ns} = \prod_{i \in R} R_{ns}(r_i) \prod_{i \in L} (1 - R_{ns}(l_i)) \prod_{i \in I} (R_{ns}(l_i) - R_{ns}(r_i)) \quad 1a)$$

$$L_{ts} = \prod_{i \in R} (1 - R_{ts}(r_i)) \prod_{i \in L} R_{ts}(l_i) \prod_{i \in I} (R_{ts}(r_i) - R_{ts}(l_i)) \quad 1b)$$

Tanto na Eq. 1a e na Eq. 1b, R é o conjunto de observações da censura à direita, L o conjunto de observações censuradas à esquerda, I é o conjunto de observações censuradas no intervalo.

Geralmente, os valores de falha não são normalmente distribuídos; sendo muitas vezes sua distribuição distorcida. Neste caso, um modelo loglinear é escolhido:

$$Y = \ln(c) = \mu + \Sigma w$$

Onde, W é o erro de distribuição. Ou seja, em vez dos valores de concentração c, suas transformações logarítmicas são modeladas. Nos estudos de (KLEIN e MOESCHBERGER, 2003) diferentes distribuições para c são apresentados. Para este estudo a distribuição de Weibull foi escolhida por melhor ajustar o modelo matemático. Neste caso as funções de rejeição foram dadas por:

$$R_{ns}(c) = 1 - F(c) \left[\frac{\ln(c) - \mu_{ns}}{\sigma_{ns}} \right] \quad (2a)$$

$$R_{ts}(c) = F(c) \left[\frac{\ln(c) - \mu_{ts}}{\sigma_{ts}} \right] \quad (2b)$$

Tanto na Eq. 2a como na Eq 2b μ_{ns} , μ_{ts} and σ_{ns} , σ_{ts} , são parâmetros do modelo. Os parâmetros do modelo loglinear são obtidos, utilizando o método de máxima verossimilhança (Eqs.1a e 1b). A função de verossimilhança (probabilidade) é uma expressão matemática que descreve a probabilidade conjunta de obter os dados realmente observados pelos sujeitos do estudo como uma função dos parâmetros desconhecidos do modelo a ser considerados. Para estimar μ e σ para a distribuição de Weibull, maximizou-se as funções de verossimilhança substituindo $R_{ns}(c)$ e $R_{ts}(c)$ nas Eqs.1a e 1b pelas expressões dadas nas Eqs. 2a e 2b, respectivamente.

2.3 Concentração ótima de sal e aceitação - Estudo I

Nesta etapa do estudo concentrações maiores de cloreto de sódio foram utilizadas com o objetivo de encontrar a rejeição dos consumidores para o atributo muito salgado. 105 consumidores de queijos, recrutados aleatoriamente avaliaram seis amostras de queijo Minas Frescal com diferentes concentrações de sal mostradas na Tabela 1, Estudo I. As amostras foram apresentadas monadicamente, em copos plásticos de poliestireno codificados com números de três dígitos, seguindo o delineamento de blocos completo balanceado descrito por Macfie et al. (1989) de maneira a diminuir os efeitos “carry-over” e “first-order”, que é o efeito da avaliação de uma amostra sobre a avaliação da amostra subsequente e o efeito da primeira amostra. Os testes ocorreram em cabines individuais, iluminadas com luz branca e temperatura controlada de 23°C, sendo servidos 15g da amostra para cada consumidor à temperatura entre 8 e 10°C. Os participantes do estudo avaliaram a aceitação das amostras em escala hedônica estruturada de nove pontos variando de “desgostei muitíssimo” (1) e “gostei

muitíssimo” (9) e adicionalmente, foi solicitado que indicassem o que acharam em relação ao teor de sal, escolhendo entre: “pouco salgado” (1), “ok” (2) ou “muito salgado” (3). Foram instruídos a beber água entre uma amostra e outra para reduzir a fadiga sensorial.

2.4 Concentração ótima de sal e aceitação – Estudo II (Incluindo a informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal)

Na segunda fase do estudo concentrações menores de cloreto de sódio foram utilizadas com objetivo de avaliar a aceitação ou rejeição dos consumidores para o atributo muito salgado em queijos com teor reduzido de sódio. 80 consumidores de queijos, recrutados aleatoriamente foram convidados a avaliar a aceitação de sete amostras de queijo Minas Frescal com diferentes concentrações de sal (Tabela 1, Estudo II) em escala hedônica estruturada de nove pontos e também responderam se eles consideraram o queijo "pouco salgado", "OK" ou "muito salgado". O estudo foi conduzido em duas sessões com intervalo de oito dias entre elas. A primeira sessão foi realizada apenas apresentando os produtos aos participantes e, na segunda sessão os participantes foram informados sobre os malefícios do sal (Figura 2) antes do início da degustação das amostras. Análise de sobrevivência foi utilizada para identificar a concentração ótima de sal, com e sem a informação dos malefícios do consumo excessivo de sal. Todas as etapas envolvendo o preparo das amostras e a condições de análise foram repetidas conforme já descrito (Estudo I).



Figura 2. Informação apresentada aos participantes sobre os malefícios do consumo excessivo de sal.

2.5 Análise estatística

Os dados da aceitação foram analisados por análise de variância e de cluster e, para checar diferença entre as amostras, utilizou-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas através do software R 3.2.4 (2016) desenvolvido pela Core Team (2011) R. Para as análises de sobrevivência utilizou-se o pacote survival versão 2.39.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Concentração ótima de sal e aceitação - Estudo I

Os dados de seis consumidores foram utilizados para ilustrar a análise realizada (Tabela 2). O comportamento do consumidor 1 foi o esperado. O queijo com pouco sal foi rejeitado, aceito os de teores de sal intermediário e rejeitados aqueles que eram muito salgados. A concentração exata de sal na qual este consumidor rejeitou os queijos porque considerou pouco salgado é desconhecida, estava entre 0,7 e 0,98% NaCl e seus dados foram censurados no intervalo para a rejeição para pouco salgado. Esta censura intervalar é utilizada quando apenas se sabe que o acontecimento de interesse ocorreu entre dois instantes.

Similarmente, a concentração exata de sal para rejeição dos queijos por estarem muito salgado foi desconhecida, estava entre 1,37 e 1,92% NaCl e, portanto, esses dados foram censurados intervalar para a rejeição por ser muito salgado. O consumidor 2 rejeitou os queijos com pouco sal e aceitou todos os demais queijos. A censura para rejeição do queijo pouco salgado ocorreu entre o intervalo 0,98 e 1,37% NaCl. A concentração de sal na qual este consumidor rejeitou o queijo por estar muito salgado foi >3,76% NaCl e seus dados censurados à direita para rejeição por muito salgado. Consumidores 3 e 4 apresentaram inconsistência e dados de censura estão indicados na Tabela 2. Consumidor 5 rejeitou todos os queijos, porque eles estavam pouco salgados. Seus dados foram censurados à direita para rejeição de pouco salgado e muito salgado. Dados muito inconsistentes como o do consumidor 6 não foram considerados na análise. Este comportamento provavelmente se explica por falta de concentração durante a execução do teste.

Tabela 2. Dados de rejeição para seis consumidores e sua correspondente censura

Consumidor	% de NaCl						Censura	
	0,7	0,98	1,37	1,92	2,68	3,76	Rejeição pouco salgado	Rejeição muito salgado
1	1 ^b	2	2	3	3	3	Intervalo (0,70-0,98)	Intervalo (1,37-1,92)
2	1	1	2	2	2	2	Intervalo (0,98-1,37)	Direita > 3,76
3	2	2	2	2	3	3	Esquerda < 0,7	Intervalo (1,92-2,68)
4	1	2	1	2	3	3	Esquerda < 1,92	Intervalo (1,92-2,68)
5	1	1	1	1	1	1	Direita > 3,76	Direita > 3,76
6	2	2	2	2	3	2	Não considerado	

^b1: Rejeição devido a pouco salgado, 2: sal está OK, 3: Rejeição muito salgado

As médias de “aceitação global” são mostradas na Tabela 3 onde se observa diferença significativa entre as amostras. Os queijos formulados com as concentrações de sal mais elevadas (1,92, 2,68 e 3,76% de NaCl) foram os que tiveram maior aceitação. Este resultado demonstrou a preferência dos provadores pelas amostras mais salgadas e é corroborado pelo resultado da concentração ótima de sal avaliada.

Tabela 3. Médias e desvio padrão da aceitação[§] global para o queijo Minas Frescal com diferentes concentrações de sal (NaCl).

Concentração de sal (% NaCl)	Aceitação global
0,70	5,2 ^c ±1,97
0,98	6,1 ^b ±1,75
1,37	5,9 ^b ±1,86
1,92	7,2 ^a ±1,65
2,68	7,1 ^a ±1,83
3,76	7,3 ^a ±1,58

*Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey. [§] avaliada em escala hedônica estruturada de 9-pontos variando de 1: desgostei extremamente a 9: gostei extremamente.

Aplicando o modelo Weibull houve uma única curva de rejeição para o evento pouco salgado e uma única curva de rejeição para o evento muito salgado (Figura 3). A Tabela 4 apresenta os parâmetros μ e σ correspondentes ao modelo weibull (Eq. 2a e 2b) $\pm 95\%$ de intervalo de confiança.

Tabela 4. Melhor ajuste weibull para ambos os modelos (evento)

Modelo	μ (μ_{ns} ; μ_{ts})	σ (σ_{ns} ; σ_{ts})
<i>pouco salgado</i>	0,5	0,48
<i>muito salgado</i>	1,89	0,65

Com estes parâmetros as curvas de rejeição para pouco salgado e rejeição para muito salgado foram calculadas usando a Eq. 2a e 2b. Garitta et al. (2006) mostraram que a concentração ótima pode ser determinada encontrando o mínimo da curva que resulta da adição das curvas de rejeição de ambos os eventos, como mostrado na Figura 3.

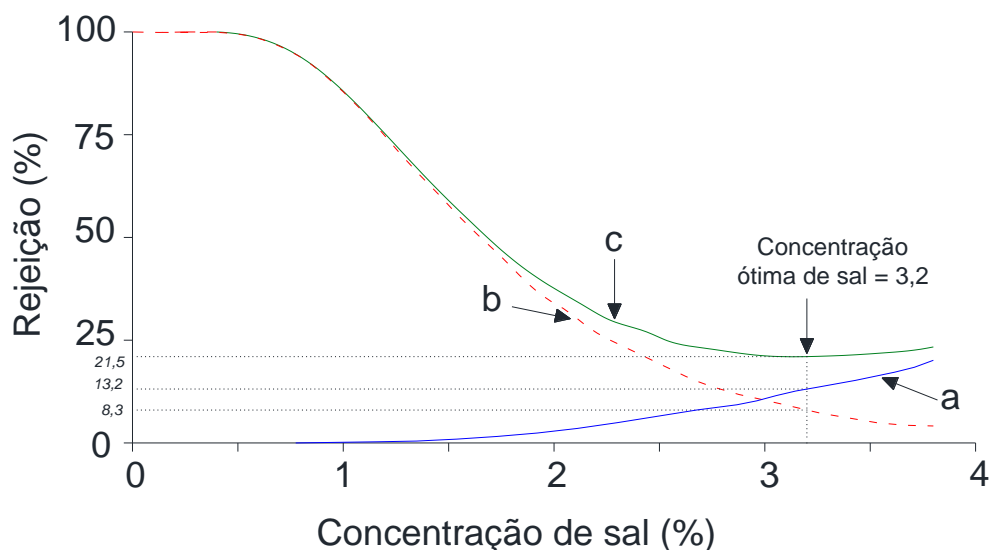


Figura 3. Concentração ótima de sal (soma da rejeição por pouco salgado + rejeição por muito salgado). a: rejeição muito salgado; b: rejeição pouco salgado; c: soma de ambas as curvas de rejeição,

O intervalo de confiança para a concentração ótima de sal foi calculado de acordo com (GARITTA et al., 2006)

$$\text{Concentração ótima} \pm Z_{1-\alpha/2} \times \frac{1}{2} \sqrt{se_{ns}^2 + se_{ts}^2} \quad (3)$$

Onde $Z_{1-\alpha/2}$ é a coordenada da distribuição normal padrão e se_{ns} e se_{ts} são os erros-padrão da concentração ótima, calculado a partir da rejeição devido o pouco salgado e a rejeição devido ao muito salgado, respectivamente.

Usando a Equação (3) e de acordo com a Figura 3 a concentração ótima de sal foi $3,2 \pm 0,4\%$ de NaCl. Para esta concentração houve 21,5% de rejeição por parte dos consumidores, dos quais 8,3% de rejeição deram-se em função do queijo fresco estar “pouco salgado” e 13,2% de rejeição foi devido ao queijo estar “muito salgado”.

3.2 Concentração ótima de sal e aceitação– Estudo II (Incluindo a informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal)

A Tabela 5 apresenta as médias de aceitação global para os queijos antes e após a informação dos malefícios do consumo excessivo de sal. Houve diferença significativa na aceitação global dos tratamentos 0,3, 0,7, e 1,2% de NaCl.

Tabela 5. Médias e desvio padrão da aceitação[§] global para o queijo Minas Frescal com diferentes concentrações de sal (NaCl) sem e com a informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sal.

Concentração de sal (% NaCl)	Aceitação global	
	Sem informação	Com informação
0,3	3,8 ^c ±2,16	4,4 ^d ±2,16
0,5	4,4 ^c ±2,24	5,0 ^{cd} ±1,92
0,7	5,5 ^b ±2,01	5,9 ^c ±1,96
0,9	6,4 ^b ±1,96	6,3 ^b ±1,77
1,2	6,5 ^b ±1,94	7,3 ^a ±1,46
1,5	7,3 ^a ±1,58	7,2 ^a ±1,51
1,7	7,2 ^a ±1,80	7,1 ^a ±1,58

*Médias seguidas da mesma letra na horizontal não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey. [§] avaliada em escala hedônica estruturada de 9-pontos variando de 1: desgostei extremamente a 9: gostei extremamente.

Queijos elaborados com maiores concentrações de sal (1,2 a 1,7%) apresentaram médias mais elevadas (7,1 a 7,3) o que indica que o acesso a informação não influenciou na menor aceitação do produto pelo consumidor. No entanto, a presença da informação contribuiu para que o consumidor atribuisse maiores médias aos queijos com menores concentrações de sal, (0,3 e 0,7 % de NaCl). Queijo com 0,7% NaCl, após acesso a informação apresentou nota 5,9 o que corresponde na escala hedônica ao entre o “indiferente” e o “gostei ligeiramente” (nota 6,0), mostrando potencial a ser explorado na formulação de produtos com teor de sal reduzido.

Os dados da aceitação dos participantes submetidos à análise de cluster permitiram identificar grupos de consumidores com respostas similares. Dois segmentos de consumidores foram identificados.

As médias da aceitação de cada segmento são mostradas na Tabela 6. Para a condição *sem informação* dois segmentos de consumidores ($n=31$ e $n=49$) foram identificados. Os dois segmentos tiveram aceitação maior pelas amostras mais salgadas ($p \leq 0,05$). Na condição *com informação* também foram identificados dois segmentos com números similares ($n=48$ e $n=32$) aos da condição “sem informação”. Neste também houve maior aceitação para os queijos formulados com maior teor de sal ($p \leq 0,05$). O que corrobora com os dados da Tabela 5, onde não houve diferença significativa na aceitação das amostras mais salgadas para as duas condições avaliadas.

Tabela 6. Média da aceitação por segmento de consumidor para as duas condições estudadas (sem informação e com informação)

Amostra	Sem informação		Com informação	
	Segmento 1 (n=31)	Segmento 2 (n=49)	Segmento 1 (n=48)	Segmento 2 (n=32)
0,3	2,52 ^a	4,71 ^b	4,88 ^c	3,78 ^d
0,5	2,61 ^a	5,57 ^b	5,79 ^c	3,84 ^d
0,7	4,39 ^a	6,86 ^b	6,31 ^c	4,44 ^d
0,9	5,03 ^a	7,53 ^b	7,00 ^c	5,31 ^d
1,2	5,13 ^a	7,33 ^b	7,77 ^c	6,59 ^d
1,5	6,52 ^a	7,92 ^b	7,67 ^c	6,59 ^d
1,7	6,58 ^a	7,73 ^b	7,81 ^c	6,13 ^d

*Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

A Tabela 7 apresenta a opinião dos consumidores e as médias para o teor de sal das amostras antes e após a informação dos malefícios do consumo excessivo de sal.

Houve diferença significativa para os tratamentos 0,7, e 1,5% de NaCl.

Tabela 7. Resultados da percentagem de provadores sobre o teor de sal do queijo Minas Frescal para diferentes concentrações de sal (NaCl).

Concentração de sal (% NaCl)	Opinião sobre o teor de sal do queijo tipo Minas Frescal							
	% pouco salgado		% OK		% muito salgado		Média*	
	SI	CI	SI	CI	SI	CI	SI	CI
0,3	95,0	90,0	5,0	10,0	0,0	0,0	1,05 ^d ±0,21	1,10 ^d ±0,30
0,5	95,0	86,2	5,0	13,7	0,0	0,0	1,05 ^d ±0,21	1,14 ^d ±0,34
0,7	75,0	85,0	25,0	15,0	0,0	0,0	1,25 ^c ±0,43	1,15 ^d ±0,35
0,9	61,2	62,5	38,7	36,2	0,0	0,0	1,39 ^c ±0,49	1,39 ^c ±0,51
1,2	37,5	25,0	57,5	71,2	5,0	3,7	1,68 ^b ±0,56	1,79 ^b ±0,49
1,5	11,2	21,2	70,0	71,2	18,7	7,5	2,08 ^a ±0,54	1,86 ^b ±0,52
1,7	10,0	12,5	70,0	67,5	20,0	20,0	2,10 ^a ±0,54	2,08 ^a ±0,56

*Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

SI – Sem informação

CI – Com informação

De acordo com a Tabela 7, os queijos considerados com teor de sal ideal (“OK”) foram aqueles formulados com 1,5 e 1,7% de NaCl. Observa-se que após fornecer a informação sobre os malefícios do sal à saúde, menor percentual de participantes consideraram o queijo com 1,7% de sal como ideal (67,5%), apesar de não ter havido diferença significativa entre as amostras. Os queijos elaborados com as concentrações de 0,3 até 0,9% foram considerados por mais da metade dos consumidores como queijos “pouco salgados” (61,2 a 95,0%).

Além disso, após fornecimento da informação, maior número de indivíduos considerou os queijos formulados com 0,3 e 0,5% como queijos com teor de sal ideal (10 e 13,7% respectivamente). Isso indica que houve pequena influência do uso da informação na avaliação do consumidor.

Para investigar a influência da informação, utilizou-se a ANOVA considerando o teor de sal e a informação como causas de variação, além da interação. De acordo com a Tabela 8 o fator “informação” não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$). Para o fator teor de sal e interação de ambos (teor de sal x informação) houve diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Tabela 8. Valores de p da análise de variância incluindo o efeito da informação, teor de sal e interações.

Consumidor	Teor de sal	Informação	Teor de sal * Informação
1,7e-14 ***	< 2e-16 ***	0,12816	0,00711 **

*Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Aplicando o modelo de Weibull houve uma única curva de rejeição para o evento pouco salgado e uma única curva de rejeição para o evento muito salgado (Figura 5). A Tabela 9 apresenta os parâmetros μ e σ correspondentes ao modelo weibull (Eq. 2a e 2b) $\pm 95\%$ de intervalo de confiança.

Tabela 9. Melhor ajuste log-normal para ambos modelo (evento)

Modelo	$\mu (\mu_{ns} ; \mu_{ts})$		$\sigma (\sigma_{ns} ; \sigma_{ts})$	
	Sem informação	Com informação	Sem informação	Com informação
<i>pouco salgado</i>	0,22	0,22	0,30	0,31
<i>muito salgado</i>	0,64	0,59	0,08	0,04

Com estes parâmetros as curvas de rejeição para pouco salgado e rejeição para muito salgado foram calculadas. A concentração ótima esta ilustrada na Figura 6.

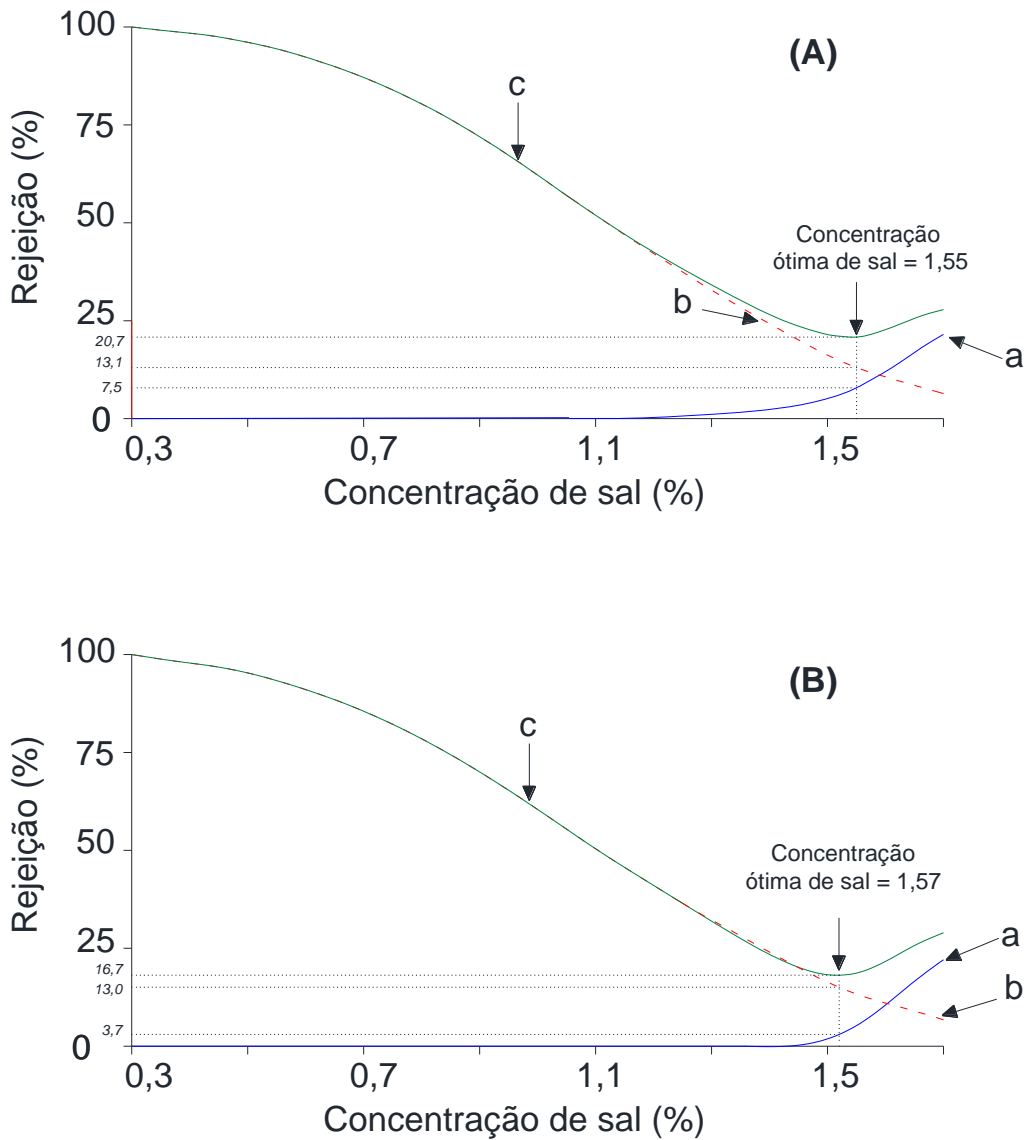


Figura 4. Concentração ótima de sal (soma da rejeição por pouco salgado + rejeição por muito salgado) sem informação (a) e com informação (b) sobre os malefícios, onde a: rejeição muito salgado; b: rejeição pouco salgado; c: soma de ambas as curvas de rejeição

Usando a Equação (3) e de acordo com a Figura 4 a concentração ótima de sal

foi $1,55 \pm 0,04$ e $1,57 \pm 0,07\%$ NaCl para as condições sem e com informação, respectivamente. Para a condição sem informação (A) onde a concentração foi 1,55, houve 20,7% de rejeição por parte dos consumidores, dos quais 13,1% de rejeição deram-se em função do queijo fresco estar “pouco salgado” e 7,5% de rejeição foi devido ao queijo estar “muito salgado”. Na presença da informação onde a concentração ótima foi 1,57%, houve 16,7% de rejeição, dos quais 13,0% em função do queijo fresco estar “pouco salgado” e 3,7% devido ao queijo estar “muito salgado”.

A Figura 3 mostra que não houve uma rejeição acentuada para "muito salgado". Isso se deve ao fato que há muitos dados censurados à direita, ou seja, muitos consumidores não acharam o queijo salgado demais até mesmo para a maior concentração de sal (1,7%). De acordo com Hough (2010) a escolha da faixa de concentrações utilizada para estimar os limites para rejeição, necessita especial atenção. Se o intervalo de concentração for muito baixa (tal como aconteceu neste estudo) uma grande proporção dos consumidores irá apresentar dados “right-censored” e a estimativa faltará precisão. Hough, Garitta e Sánchez (2004) estudaram os defeitos (ácido, caramelo, cozido, cor escura, a lipólise, e oxidado) que podem estar presentes no leite UHT devido ao processamento ou problemas de armazenamento. Os autores relataram que, para o defeito oxidado, 41% dos consumidores apresentaram dados censurados à direita, já que boa parte dos consumidores manifestou como aceitável a concentração máxima para este defeito (oxidado). Entretanto, para esse defeito o intervalo de concentração escolhido foi muito baixo, provavelmente abaixo do limite de rejeição para muitos consumidores.

Uma das hipóteses do teste foi que a informação sobre os malefícios à saúde decorrentes do consumo excessivo de sal fosse favorecer a aceitação dos consumidores para os queijos menos salgados. Este não foi o caso (Tabela 6). Outra questão que talvez explique a baixa influência da informação na avaliação do consumidor seja o fato deste considerar o queijo Minas Frescal como um produto de baixo risco em relação ao consumo excessivo de sal.

Estes resultados tem importante implicação visto que o queijo Minas Frescal é o quarto tipo de queijo mais produzido e consumido no Brasil, depois do queijo parmesão, muçarela e prato, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Queijo (ABIQ).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) analisou o teor de sódio em 38 marcas diferentes de queijo minas frescal. O teor médio de sódio encontrado foi de 505mg/100g com resultados variando entre 126mg até 1819 mg/100g. Felicio et al. (2013) avaliaram os teores de sódio de queijos disponíveis no Brasil e a contribuição do produto para a ingestão diária desse micronutriente. A média de sódio encontrada para as 30 amostras comerciais de queijos Minas Frescal foi de 473,4 mg/100g.

Ao contrário do que relatado em outros estudos (JOHNSON et al., 2009; SAINT-EVE et al., 2009) onde os altos níveis de sódio desencorajaram alguns consumidores a comer queijo, nesta pesquisa mesmo os consumidores não sendo informados sobre os teores de sal nas amostras a maior aceitação foi para os queijos com maiores concentrações de sal. Levando-se em consideração que o consumo de sódio não deveria ultrapassar 2000 mg por dia (WHO, 2011), e que um percentual de 3,76% de NaCl nos queijos deste estudo representa em média 997,5 mg de sódio por porção (100g) o que corresponde a 49,8% da ingestão diária de sódio recomendada, torna-se necessário campanhas e políticas públicas governamentais com o intuito de informar e conscientizar sobre os riscos do consumo excessivo de sódio. Cabe ainda destacar a importância dos acordos firmados entre órgãos do governo e a indústria alimentícia como o termo de Compromisso n. 004/2011 (BRASIL, 2011). Tais acordos

consistem em promover a diminuição gradual do uso do sódio nos alimentos industrializados, que possa estimular uma mudança de hábitos alimentares e, conseqüentemente, contribuir para a melhoria da saúde da população.

4 CONCLUSÃO

Queijos com maiores concentrações de cloreto de sódio alcançaram as maiores médias de aceitação. A análise de sobrevivência mostrou-se adequada para estimar a concentração ótima de sal de acordo com os consumidores. A informação sobre os malefícios do consumo excessivo de sódio não teve efeito significativo na avaliação da aceitação dos queijos neste estudo, provavelmente devido os consumidores não acharem os queijos demasiadamente salgados. No entanto, foi observado um pequeno aumento na aceitação dos queijos para as baixas concentrações de sal (0,3 e 0,5%) na presença da referida informação. Desta forma, ao otimizar a concentração de sal, não houve um teor ideal de sal a ser considerado aceitável por todos os consumidores. Os resultados sugerem que os consumidores em geral gostam de queijos mais salgados. Dessa forma, recomenda-se o incentivo ao trabalho conjunto das instituições de pesquisa, indústrias de alimentos e órgãos reguladores da saúde visando alcançar a meta de redução do consumo de sal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASLYNG, M. D.; VESTERGAARD, C.; KOCH, A. G. The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 47-55, 1// 2014.

AGARWAL, S., MCCOY, D., GRAVES, W., GERARD, P. D., CLARK, S. Sodium content in retail Cheddar, Mozzarella, and process cheeses varies considerably in the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 3, p. 1605-1615, 3// 2011.

ALIÑO, M., GRAU, R., FUENTES, A., BARAT, J. M. Influence of low-sodium mixtures of salts on the post-salting stage of dry-cured ham process. **Journal of Food Engineering**, v. 99, n. 2, p. 198-205, 7// 2010.

ALIÑO, M., GRAU, R., TOLDRÁ, F., BLESA, E., PAGÁN, M. J., BARAT, J. M. Influence of sodium replacement on physicochemical properties of dry-cured loin. **Meat Science**, v. 83, n. 3, p. 423-430, 11// 2009.

ARMENTEROS, M., ARISTOY, M. C., BARAT, J. M., TOLDRÁ, F. (. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts. **Meat Science**, v. 90, n. 2, p. 361-367, 2// 2012.

BARRINGER, S.A. **Coating Snack Foods**. In: Hui YH, ed. **Handbook of Food Science, Technology and Engineering**. Food Engineering and food processing. New York: CRC Press: 1691 – 1699 p. 2006.

CAMPAGNOL, P. C. B., DOS SANTOS, B. A., TERRA, N. N., POLLONIO, M. A. R. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. **Meat Science**, v. 91, n. 3, p. 334-338, 7// 2012.

CAMPAGNOL, P. C. B., DOS SANTOS, B. A., WAGNER, R., TERRA, N. N., POLLONIO, M. A. R. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. **Meat Science**, v. 87, n. 3, p. 290-298, 3// 2011.

CHOI, Y. M., JUNG, K. C., JO, H. M., NAM, K. W., CHOE, J. H., RHEE, M. S., KIM, B. C. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 21-25, 2014.

CHRISTOFOROU, A., SNOWDON, W., LAESANGO, N., VATUCAWAQA, S., LAMAR, D., ALAM, L., WAQANIVALU, T. Progress on Salt Reduction in the Pacific Islands: From Strategies to Action. **Heart, Lung and Circulation**, 2015.

CLARIANA, M., GUERRERO, L., SÁRRAGA, C., DÍAZ, I., VALERO, Á., GARCÍA-REGUEIRO, J. A. Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 456-465, 2011.

CORRAL, S.; SALVADOR, A.; FLORES, M. Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 776-785, 2013.

CREHAN, C. M.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. **Meat Science**, v. 55, n. 1, p. 123-130, 2000.

CRUZ, A. G., FARIA, J. A., POLLONIO, M. A., BOLINI, H. M., CELEGHINI, R. M., GRANATO, D., SHAH, N. P. Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 6, p. 276-291, 2011.

CRUZ, A. G., WALTER, E. H., CADENA, R. S., FARIA, J. A., BOLINI, H. M., PINHEIRO, H. P., SANT'ANA, A. S. Survival analysis methodology to predict the shelf-life of probiotic flavored yogurt. **Food Research International**, v. 43, n. 5, p. 1444-1448, 2010.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 188-196, 2006.

DOS SANTOS, B. A., CAMPAGNOL, P. C. B., MORGANO, M. A., POLLONIO, M. A. R. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 509-513, 2014.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium Reduction and Its Effect on Food Safety, Food Quality, and Human Health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 1, p. 44-56, 2010.

DU CAILAR, G.; RIBSTEIN, J.; MIMRAN, A. Dietary sodium and target organ damage in essential hypertension. **American journal of hypertension**, v. 15, n. 3, p. 222-229, 2002.

FELICIO, T. L., ESMERINO, E. A., CRUZ, A. G., NOGUEIRA, L. C., RAICES, R. S. L., DELIZA, R., POLLONIO, M. A. R. Cheese. What is its contribution to the sodium intake of Brazilians? **Appetite**, v. 66, n. 0, p. 84-88, 2013.

GANESAN, B., BROWN, K., IRISH, D. A., BROTHERSEN, C., MCMAHON, D. J. Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 4, p. 1970-1982, 2014.

GARITTA, L., LANGOHR, K., GÓMEZ, G., HOUGH, G., BEEREN, C. Sensory cut-off point obtained from survival analysis statistics. **Food Quality and Preference**, v. 43, n. 0, p. 135-140, 2015.

GARITTA, L. V., SERRAT, C., HOUGH, G. E., & CURIA, A. V. Determination of Optimum Concentrations of a Food Ingredient Using Survival Analysis Statistics. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 7, p. S526-S532, 2006.

GELABERT, J., GOU, P., GUERRERO, L., ARNAU, J. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 833-839, 2003.

GIMÉNEZ, A.; ARES, G.; GÁMBARO, A. Consumer reaction to changes in sensory profile of dulce de leche due to lactose hydrolysis. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 9, p. 951-955, 2008.

GOMES, A. P., CRUZ, A. G., CADENA, R. S., CELEGHINI, R. M. S., FARIA, J. A. F., BOLINI, H. M. A., GRANATO, D. Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: Effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 6, p. 2701-2706, 2011.

GRIMES, C.A.; RIDDELL, L.J.; NOWSON, C.A. Consumer knowledge and attitudes to salt intake and labelled salt information. **Appetite**, v. 53, n. 2, p. 189-194, 2009.

GROSSI, A., SØLTOFT-JENSEN, J., KNUDSEN, J. C., CHRISTENSEN, M., ORLIEN, V. Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 481-489, 12// 2012.

GROSSI, A., SØLTOFT-JENSEN, J., KNUDSEN, J. C., CHRISTENSEN, M., ORLIEN, V. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1401-1418, 2013.

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Reducing Population Salt Intake Worldwide: From Evidence to Implementation. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 52, n. 5, p. 363-382, 2010.

HORITA, C. N., MESSIAS, V. C., MORGANO, M. A., HAYAKAWA, F. M., POLLONIO, M. A. R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, n. 0, p. 29-35, 2014.

HOUGH, G. **Sensory Shelf Life Estimation of Food Products**. CRC Press, 2010.

HOUGH, G.; GARITTA, L.; SÁNCHEZ, R. Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 7-8, p. 729-734, 2004.

HORITA, C. N., MESSIAS, V. C., MORGANO, M. A., HAYAKAWA, F. M., POLLONIO, M. A. R. Survival Analysis Applied to Sensory Shelf Life of Foods. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 1, p. 359-362, 2003.

HYTEAD, E.; DIEZ-GONZALEZ, F.; SCHOENFUSS, T. C. The effect of sodium reduction with and without potassium chloride on the survival of *Listeria monocytogenes* in Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 10, p. 6172-6185, 2013.

INSAWANG, T., SELMI, C., CHA'ON, U., PETHLERT, S., YONGVANIT, P., AREEJITRANUSORN, P., PRASONGWATTANA, V. Monosodium glutamate (MSG)

intake is associated with the prevalence of metabolic syndrome in a rural Thai population. **Nutrition & Metabolism**, v. 9, p. 40-50, 2012.

IWASAKI, T., NOSHIROYA, K., SAITOH, N., OKANO, K., & YAMAMOTO, K. Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty. **Food Chemistry**, v. 95, n. 3, p. 474-483, 2006.

JIMENEZ-MAROTO, L. A.; SATO, T.; RANKIN, S. A. Saltiness potentiation in white bread by substituting sodium chloride with a fermented soy ingredient. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 2, p. 313-317, 2013.

JOHNSON, M. E., KAPOOR, R., MCMAHON, D. J., MCCOY, D. R., & NARASIMMON, R. G. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 3, p. 252-268, 2009.

KALBFLEISCH, J. D.; PRENTICE, R. L. Failure Time Models. In: (Ed.). **The Statistical Analysis of Failure Time Data**: John Wiley & Sons, Inc., 2002. p.31-51. ISBN 9781118032985.

KILCAST, D.; RIDDER, C. D.; ANGUS, F. Sensory issues in reducing salt in food products. **Reducing salt in foods: Practical strategies**, p. 201-220, 2007.

KLEIN, J. P.; MOESCHBERGER, M. L. **Survival Analysis**: Techniques for Censored and Truncated Data. Springer, 2003.

LIEM, D. G.; MIREMADI, F.; KEAST, R. Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. **Nutrients**, v. 3, n. 6, p. 694, 2011.

LILIC, S.; MATEKALO-SVERAK, V.; BOROVIĆ, B. Possibility of replacement of sodium chloride by potassium chloride in cooked sausages: Sensory characteristics and health aspects. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 24, n. 1-2, p. 133-138, 2008.

MACFIE, H. J., BRATCHELL, N., GREENHOFF, K., & VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Y., ACOSTA-MUÑIZ, C., OLIVAS, G. I., GUERRERO-BELTRÁN, J., RODRIGO-ALIAGA, D., & SEPÚLVEDA, D. R. High Hydrostatic Pressure Processing of Cheese. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 4, p. 399-416, 2012.

MCGOUGH, M. M., SATO, T., RANKIN, S. A., SINDELAR, J. J. Reducing sodium levels in frankfurters using a natural flavor enhancer. **Meat Science**, v. 91, n. 2, p. 185-194, 2012.

MOSHFEGH, A. J., HOLDEN, J. M., COGSWELL, M. E., KUKLINA, E. V., PATEL, S. M., GUNN, J. P., GALUSKA, D. A. Vital signs: Food categories contributing the most to sodium consumption-United States, 2007–2008. **MMWR Morb Mortal Wkly Rep**, v. 61, n. 5, p. 92-98, 2012.

MOZAFFARIAN, D., FAHIMI, S., SINGH, G. M., MICHA, R., KHATIBZADEH, S., ENGELL, R. E., POWLES, J. Global Sodium Consumption and Death from Cardiovascular Causes. **New England Journal of Medicine**, v. 371, n. 7, p. 624-634, 2014.

MHURCHU, C. N., CAPELIN, C., DUNFORD, E. K., WEBSTER, J. L., NEAL, B. C., & JEBB, S. A. Sodium content of processed foods in the United Kingdom: analysis of 44,000 foods purchased by 21,000 households. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 93, n. 3, p. 594-600, 2011.

NOORT, M. W. J.; BULT, J. H. F.; STIEGER, M. Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 2, p. 218-225, 2012.

NOORT, M. W., BULT, J. H., STIEGER, M., & HAMER, R. J. Saltiness enhancement in bread by inhomogeneous spatial distribution of sodium chloride. **Journal of Cereal Science**, v. 52, n. 3, p. 378-386, 2010.

O'FLYNN, C. C., CRUZ-ROMERO, M. C., TROY, D., MULLEN, A. M., & KERRY, J. P. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1266-1274, 2014.

O'REILLY, C. E., KELLY, A. L., MURPHY, P. M., & BERESFORD, T. P. (High pressure treatment: applications in cheese manufacture and ripening. **Trends in Food Science & Technology**, v. 12, n. 2, p. 51-59, 2001.

OZTURK, M., GOVINDASAMY-LUCEY, S., JAEGGI, J. J., JOHNSON, M. E., & LUCEY, J. A. The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. **International Dairy Journal**, v. 33, n. 2, p. 175-183, 2013.

PAULSEN, M. T., NYS, A., KVARBERG, R., HERSLETH, M. Effects of NaCl substitution on the sensory properties of sausages: Temporal aspects. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 164-170, 2014.

PFLANZER, S., CRUZ, A., HATANAKA, C., GIGANTE, M., SPADOTI, L., CRISTIANINI, M. (Revisão: Efeito do processamento por alta pressão hidrostática nas características físico-químicas, microbiológicas e nutricionais do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 4, p. 241-251, 2008.

PICOUET, P. A., SALA, X., GARCIA-GIL, N., NOLIS, P., COLLEO, M., PARELLA, T., ARNAU, J. High pressure processing of dry-cured ham: Ultrastructural and molecular changes affecting sodium and water dynamics. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 16, n. 0, p. 335-340, 2012.

POJEDINEC, S. L., SLIDER, S. D., KENNEY, P. B., HEAD, M. K., JITTINANDANA, S., HENNING, W. R. Carcass maturity and dicationic salts affect preblended, low-fat, low-sodium restructured beef. **Meat Science**, v. 88, n. 1, p. 122-127, 2011.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 531-541, 2005.

RUUSUNEN, M., VAINIONPÄÄ, J., LYLÄ, M., LÄHTEENMÄKI, L., NIEMISTÖ, M., AHVENAINEN, R., PUOLANNE, E. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. **Meat Science**, v. 69, n. 1, p. 53-60, 2005.

SAINT-EVE, A., LAUVERJAT, C., MAGNAN, C., DÉLÉRIS, I., & SOUCHON, I. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 167-175, 2009.

SERRA, X., SARRAGA, C., GREBOL, N., GUARDIA, M. D., GUERRERO, L., GOU, P., ARNAU, J. High pressure applied to frozen ham at different process stages. 1. Effect on the final physicochemical parameters and on the antioxidant and proteolytic enzyme activities of dry-cured ham. **Meat Science**, v. 75, n. 1, p. 12-20, 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. S392-S397, 2008.

SPERONI, F.; SZERMAN, N.; VAUDAGNA, S. R. High hydrostatic pressure processing of beef patties: Effects of pressure level and sodium tripolyphosphate and sodium chloride concentrations on thermal and aggregative properties of proteins. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 23, n. 0, p. 10-17, 2014.

STRAZZULLO, P. et al. Population based strategy for dietary salt intake reduction: Italian initiatives in the European framework. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 22, n. 3, p. 161-166, 2012.

TOLDRÁ, F.; REIG, M. Innovations for healthier processed meats. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 9, p. 517-522, 2011.

TRUJILLO, A. J., CAPELLAS, M., SALDO, J., GERVILLA, R., GUAMIS, B.. Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 3, n. 4, p. 295-307, 2002.

VERCAMMEN, A., VANOIRBEEK, K. G., LURQUIN, I., STEEN, L., GOEMAERE, O., SZCZEPANIAK, S., MICHIELS, C. W. Shelf-life extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 407-415, 2011.

VILLAMONTE, G., SIMONIN, H., DURANTON, F., CHÉRET, R., & DE LAMBALLERIE, M. Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 18, n. 0, p. 15-23, 2013.

WALLIS, K.; CHAPMAN, S. **Current Innovations in Reducing Salt in Food Products. Food and health innovation service.** 2012.

WANG, C. Y., HUANG, H. W., HSU, C. P., YANG, B. B. Recent Advances in Food Processing Using High Hydrostatic Pressure Technology. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2015.

WEBSTER, J. L., DUNFORD, E. K., HAWKES, C., NEAL, B. C. Salt reduction initiatives around the world. **J. Hypertens**, v. 29, n. 6, p. 1043-1050, 2011.

WHO. **Review and updating of current WHO recommendations on salt/sodium and potassium consumption.** Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2011.

WU, H., ZHANG, Y., LONG, M., TANG, J., YU, X., WANG, J., & ZHANG, J. Proteolysis and sensory properties of dry-cured bacon as affected by the partial substitution of sodium chloride with potassium chloride. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1325-1331, 2014.

WYNESS, L. A.; BUTRISS, J. L.; STANNER, S. A. Reducing the population's sodium intake: the UK Food Standards Agency's salt reduction programme. **Public Health Nutrition**, v. 15, n. 2, p. 254-261, 2012.

ZAMORA, A., FERRAGUT, V., QUEVEDO, J. M., GUAMIS, B., TRUJILLO, A. J. Ultra-high pressure homogenisation of milk: technological aspects of cheese-making and microbial shelf life of a starter-free fresh cheese. **Journal of Dairy Research**, v. 79, n. 02, p. 168-175, 2012.

ZANARDI, E., GHIDINI, S., CONTER, M., IANIERI, A. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. **Meat Science**, v. 86, n. 3, p. 742-747, 2010.

APÊNDICE

Anexo I - Ficha dos testes de avaliação global e questionário *check-all-that-apply* (CATA).

Nome _____ Data: _____

Você está recebendo uma amostra de **queijo Minas Frescal**. Por favor, coloque a amostra inteira na boca e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou do produto.

desgostei
nem desgostei

nem gostei
muitíssimo

gostei muitíssimo

Após experimentar o queijo, por favor indique o que achou em relação ao teor de sal

pouco salgado

OK

muito salgado

Marque todas as opções que você considera adequado para descrever esse queijo:

- Aroma característico de queijo Minas Frescal
- Aspecto de leite
- Aroma suave
- Aroma agradável
- Cor característica de queijo Minas Frescal
- Macio
- Consistência característica
- Saboroso
- Pouco salgado
- Muito salgado
- Aroma intenso
- Sem aroma
- Cremoso
- Aparência característica de queijo Minas Frescal
- Sabor característico de queijo Minas Frescal
- Teor de sal ideal
- Firme
- Bom com pão/torrada/biscoito
- Sem sabor
- Úmido
- Aroma intenso

CAPÍTULO III

EFEITO DO MÉTODO DE SALGA E DO TEOR DE CLORETO DE SÓDIO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DO QUEIJO MINAS FRESCAL

Trabalho apresentado no International Conference on Agricultural Engineering
CIGR - AgEng 2016 - Aarhus, Denmark.

EFEITO DO MÉTODO DE SALGA E DO TEOR DE CLORETO DE SÓDIO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DO QUEIJO MINAS FRESCAL

RESUMO

No Brasil, o consumo médio de sal (12g/dia) está acima do recomendado. Entre os produtos lácteos, o queijo tem se destacado por contribuir no aumento da ingestão de sódio. De fácil produção e com bom rendimento, o queijo Minas Frescal é um produto genuinamente brasileiro, de grande aceitação e um dos tipos de queijos mais consumidos no Brasil. Este estudo objetivou avaliar o efeito da concentração de sal e o método de salga sob o rendimento, composição centesimal (umidade, RMF, proteína, gordura,) acidez total, pH, minerais (sódio e cálcio) e características sensoriais através do teste hedônico de aceitação e Check All That Apply (CATA) com 104 consumidores do queijo Minas Frescal. Queijos foram elaborados a partir de leite integral pasteurizado e padronizado para 3,0 % (m/m) de gordura, processados mediante dois métodos de salga (salga no leite e salga na massa) e três concentrações de cloreto de sódio 0,2; 1,6; e 3,0% NaCl (m/v). Os experimentos foram conduzidos em três repetições e compreendeu a combinação fatorial das variáveis método de salga e concentração de cloreto de sódio e, para a análise estatística dos resultados, utilizou-se a análise de variância com dois fatores (ANOVA Two-way) e, utilizou-se o teste de Tukey, para verificação de diferenças entre as médias, ao nível de 5% de significância. Foram observadas diferenças significativas para as variáveis umidade, resíduo mineral fixo, proteína e minerais ($p \leq 0,05$). A concentração de cloreto de sódio (%) apresentou maior influência sobre as variáveis de resposta avaliadas. Os valores de rendimento para os diferentes tratamentos diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). O teor de sódio, cálcio e o rendimento foram afetados pelo método de salga, concentração de sal e interação de ambos ($p \leq 0,05$). Queijos fabricados com salga no leite apresentaram maior teor de sódio e cálcio. O método de salga no leite apresentou maior média de rendimento ($260,27 \pm 1,63$ g/L). Com relação à análise sensorial, os métodos de salga influenciaram a aceitação apenas para os queijos elaborados com 3,0% de NaCl ($p \leq 0,05$). Concentração intermediária deste sal (1,6 %) (m/v) para ambos os métodos de salga alcançaram as maiores médias de aceitação.

Palavras-chave: Lácteos, Redução de sal, Funcionalidade, Sódio.

EFFECT OF METHOD OF SALTING AND SALT (SODIUM CHLORIDE) CONTENT IN PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF THE MINAS FRESH CHEESE

ABSTRACT

In Brazil, the average salt intake (12 g/day) is above the recommended. Among dairy products, cheese stands out for contributing to this increased sodium intake. Easy to produce, the “Minas Frescal” cheese is a genuinely Brazilian product of good acceptance and one of the most consumed cheeses in Brazil, thus also providing good income for the producers. This study aimed to evaluate the effect of salt concentration and the salting method on cheese yield, physicochemical composition (moisture, ash, protein, fat), total acidity, pH, minerals (sodium and calcium) and sensory characteristics (hedonic test and check-all-that-apply (CATA) questions with 104 consumers) of “Minas Frescal” cheese. Cheese samples were processed with pasteurized milk, by employing two salting methods (salting in milk and salt in the curd) and three concentrations of sodium chloride (0.2; 1.6; and 3.0%). A complete factorial experimental design was used and the data were statistically treated by two-factor variance analysis (Two-way ANOVA) and Tukey test to check differences among means, at 5% of significance level. Significant differences were observed for the parameters moisture, ash, protein and minerals ($p \leq 0.05$). The salt concentration showed the highest influence on the response variables evaluated in this study. The yield statistically varied among the treatments ($p \leq 0.05$), and was influenced by levels of sodium, while calcium concentration and yield were affected by the salting method, salt concentration and interaction of such parameters ($p \leq 0.05$). Cheese manufactured with salting in milk presented the highest sodium content and calcium. The yield values for different treatments were statistically different ($p \leq 0.05$). The method of salting in milk provided yield average (260.27 ± 1.63 g/L). With respect to the sensory analysis the salting methods influenced the acceptance only for the cheeses elaborated with 3.0% NaCl ($p \leq 0.05$). Salt concentration (1.6%) for both salting methods achieved the highest average acceptance.

Keywords: Dairy, salt reduction, functionality, sodium.

1 INTRODUÇÃO

Entre os produtos lácteos a fabricação de queijos destaca-se como uma das mais importantes atividades no setor de lácteos. De fácil produção e com bom rendimento, o queijo Minas Frescal é um produto de origem brasileira, de grande aceitação e um dos tipos de queijos mais consumidos no Brasil (PLANZER JR et al., 2009).

O consumo de queijo tem contribuído no aumento da ingestão de sódio (AGARWAL et al., 2011; NI MHURCHU et al., 2011; MOSHFEGH et al., 2012). No Brasil, o consumo médio de sal (12g/dia) está acima do recomendado pelos órgãos reguladores, que sugerem uma ingestão diária que não ultrapasse 2000 mg de sódio por dia, o que corresponde a 5 g de sal (WHO, 2011). Embora o sódio seja um nutriente essencial para a manutenção da saúde, há um consenso que seu consumo excessivo está associado ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares, hipertensão arterial, doenças neurológicas, osteoporose, câncer gástrico, doenças renais, asma e obesidade (HE e MACGREGOR; DOYLE e GLASS, 2010; WYNESS, L. A., BUTRISS, J. L. e STANNER, S. A., 2012). Estudos envolvendo queijos (GUINEE, 2004; CRUZ et al., 2011; GOMES et al., 2011; GRUMMER et al., 2013; GANESAN et al., 2014; CZARNACKA-SZYMANI e JEZEWSKA-ZYCHOWICZ, 2015) têm sido realizados com o objetivo de encontrar alternativas que possibilitem a redução parcial do sódio na sua formulação (NOORT et al., 2010). No entanto, o efeito do método de salga e sua interação com diferentes concentrações de sal no queijo Minas Frescal permanece pouco explorado.

Entre as principais funções que o sal exerce na fabricação de queijo, destaca-se: controle do crescimento microbiano (microrganismos desejáveis e indesejáveis), redução da atividade de água, regulação dos processos bioquímicos (enzimas), conservação e sabor (GUINEE e FOX, 2004; LOURENÇO NETO, 2013). Por isso, torna-se um desafio para a indústria de lácteos reduzir o teor de sódio sem comprometer a aceitação sensorial do produto, e viabilizar um desempenho tecnológico alternativo satisfatório (AGARWAL et al., 2011; CRUZ et al., 2011).

Na indústria de queijos são possíveis quatro tipos diferentes de salga: diretamente no leite, na massa coalhada, por imersão na salmoura e na superfície do queijo. A maneira de adicionar o sal e a fase do processamento em que é realizada esta adição depende de vários fatores, sendo o principal deles o tipo de queijo. Entre os métodos de salga, a salga do leite destinado à fabricação de queijos, e a salga na massa (adição e mistura do sal seco à massa), são formas de salga muito utilizadas para a produção do Minas Frescal.

Na produção de queijos, a adição de sal facilita a sinérese, que é a separação do soro da coalhada, facilitando a desidratação da mesma e dando ao queijo textura mais firme (FOX et al., 2004), além de contribuir para o sabor, controlar a maturação e durabilidade (JOHNSON et al., 2009; MURTAZA et al., 2014). A redução de sal em queijos faz com que eles exibam menos sinérese após a salga (JOHNSON et al., 2009) e, portanto acarretam menor perda de sal e maior umidade, quando comparado com a salga no nível normal (GUINEE e FOX, 2004). O controle da umidade do queijo é fundamental para maximizar a produtividade e rentabilidade.

Outra característica importante na qualidade e conseqüentemente aceitação de um queijo são suas propriedades reológicas, como textura e firmeza, estando o sal relacionado com as mesmas (BUSCH, YONG e GOH, 2013). Alterações na textura de queijo são decorrentes de mudanças na composição, estado físico-químico dos

componentes do queijo, concentração de sal, força das interações entre os elementos estruturais que o compõem (em particular micelas de caseína) (LUCEY, JOHNSON e HORNE, 2003), sua macroestrutura (presença de olhaduras, fissuras) e microestrutura (arranjo estrutural de seus componentes) (GUINEE et al., 2002; ALLEN FOEGEDING et al., 2003). Modificações na estrutura do produto podem, por exemplo, otimizar a liberação de íons sódio de maneira a possibilitar maior estímulo das células gustativas, sem a necessidade de aumento do teor de sódio no alimento. Para esta otimização, as interações entre a forma, a distribuição do sal na matriz alimentícia e a quebra do alimento no processo de mastigação, devem ser levadas em consideração (BUSCH, YONG e GOH, 2013). Tian e Fisk (2012) avaliaram a influência do tempo na taxa de liberação de sal na boca durante a mastigação de batatas fritas salgadas. Os resultados indicaram que um maior tempo (20 a 30 segundos) de retenção do alimento na boca, após a mastigação, ocasionou liberação constante e lenta de íons sódios e, conseqüentemente, aumentou a percepção do gosto salgado. Estudos envolvendo a distribuição de sal no alimento e como isso afeta sua percepção têm recebido atenção.

Produtos sólidos (salsicha, queijo), que de outro modo apresentariam uma distribuição uniforme de sal, podem, como alternativa, ser feitos de duas porções (parte externa e interna do alimento) diferentes, contendo diferentes níveis de sal (STIEGER et al., 2009). Noort et al. (2010) aplicaram o mesmo método para melhorar a salinidade no pão. Os autores demonstraram que o contraste sensorial entre camadas do alimento, é uma estratégia promissora para reduzir significativamente o teor de sal no pão sem diminuir a percepção do gosto salgado.

O uso de sal encapsulado na produção de pão com redução do teor de sódio foi investigado por (NOORT, BULT e STIEGER, 2012). De acordo com os autores o encapsulamento de cristais de sal (cloreto de sódio) possibilitou uma distribuição heterogênea do sal no pão criando regiões de elevada concentração de sal (“pontos salgados”). Os mesmos concluíram que dependendo do tamanho da partícula encapsulada é possível variar a distribuição do sal na matriz alimentícia, levando a diferentes gradientes de concentração. Partículas maiores criaram “pontos” mais salgados tendo como consequência aumento da percepção do gosto salgado.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do método de salga e da concentração de sal na composição, rendimento e características sensoriais do queijo Minas Frescal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A produção do queijo Minas Frescal foi realizada em sala de manipulação (Planta I) da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ. Para a produção dos queijos, foram utilizadas quantidades padronizadas e constantes de cloreto de cálcio, coagulante enzimático e ácido láctico, segundo preconizado por Furtado e Lourenço Neto (1994). Os queijos foram produzidos com as seguintes concentrações de (NaCl): 0,2; 1,6 e 3,0%, em relação ao volume inicial de leite, e dois métodos de salga: salga no leite (SL) e salga na massa (SM), conforme ilustrado na Figura (1).

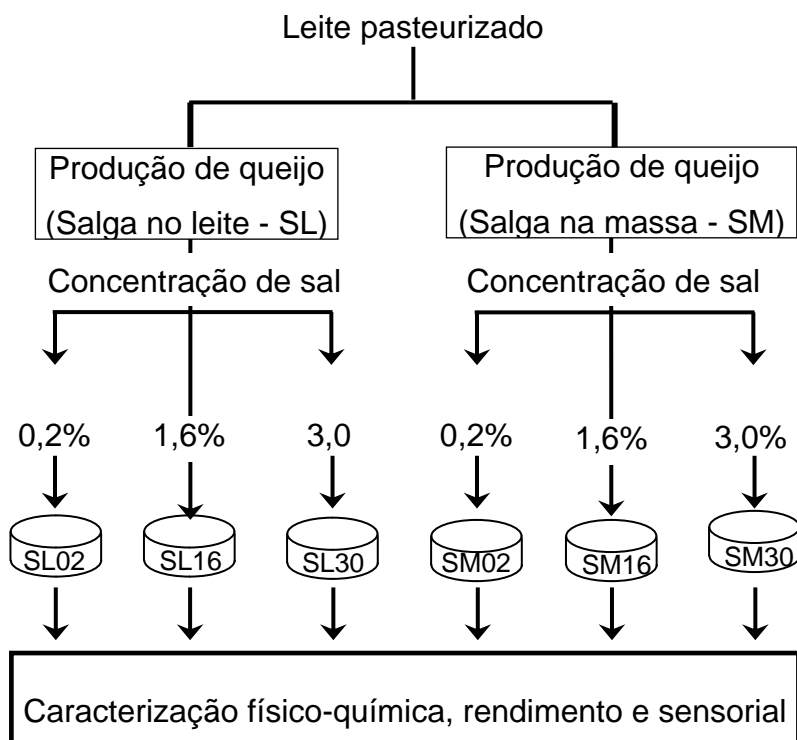


Figura 1. Esquema de produção dos queijos Minas Frescal utilizando dois métodos de salga e três concentrações de NaCl

2.1 Processamento do queijo

Os queijos foram processados a partir de 12L de leite pasteurizado, padronizado para 3,0 % (m/m) de gordura (Cooperativa Mista de Valença, Rio de Janeiro, Brasil), e adicionado de cloreto de cálcio (marca Ricanata), 4,8 mL da solução a 40 % (v/v), 1,2 mL ácido láctico 0,85 % (v/v) (marca Ricanata), cloreto de sódio (m/v) (refinado, marca ITA) (m/v) e 9,6 mL de coagulante (marca CHR Hansen®, produzida por cepa de *Aspergillus niger var. awamori*) sendo mantida a mesma quantidade de coagulante para os diferentes tratamentos. A coagulação foi realizada a 37°C durante 45 min, sendo realizado o corte de forma lenta, obtendo-se grãos aproximadamente cúbicos de 1,5 cm de aresta, deixados posteriormente em repouso por 3 minutos. Realizou-se a mexedura da massa durante 20 minutos, de forma lenta e suave, de maneira a proporcionar a retração do coágulo e a saída parcial do soro. Após esse período, a massa do queijo foi vertida em formas de polipropileno de 250g para drenagem. Transcorrido os primeiros 60 minutos, foi realizada a primeira viragem, repetindo-se o processo por pelo menos mais três vezes em intervalos regulares de 30 minutos sob temperatura ambiente. Em seguida, os queijos foram acondicionados em embalagens plásticas e armazenados sob refrigeração a 5° C, até a realização das análises. A etapa de salga deu-se em função do método de salga: salga no leite aconteceu com adição direta do sal no leite juntamente com os demais ingredientes e antes da adição do coagulante. Já a salga na massa, aconteceu após corte da massa coagulada antes da dessoragem e do início da mexedura.

2.2 Análises físico-químicas

Composição centesimal (umidade, resíduo mineral fixo, proteína e gordura) foi

determinada utilizando as metodologias oficiais. A determinação da umidade foi realizada por secagem de 2 g da amostra a 70° C, durante 4 h em estufa a vácuo (AOAC, 2010); teor de gordura foi quantificado pelo método de Gerber; e teor de proteína de acordo com Kjeldahl, multiplicando-se o conteúdo de nitrogênio pelo fator 6,38 (Brasil, 2006). Para as medições de pH, foi utilizado um medidor digital inserindo-se o eletrodo diretamente nas amostras, e acidez foi determinada por titulação, sendo expressa em g/100g de ácido láctico (AOAC, 2010). Lactose foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), de acordo com (MACRAE, 1998). A determinação de resíduo mineral fixo foi feita de acordo com (AOAC, 2010) e a quantificação dos elementos (sódio e cálcio) pela técnica de espectrometria de emissão ótica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

2.3 Rendimento

O rendimento foi calculado pela equação 1, de acordo com Andreatta et al. (2009):

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{massa de queijo (g)}}{\text{volume de leite (L)}} \quad (\text{Equação 1})$$

2.4 Análise Sensorial das amostras

2.4.1 Levantamento de atributos

Para o levantamento de atributos, três amostras de queijo Minas Frescal foram apresentadas à equipe de 9 provadores não treinados, de maneira a levantar o maior número possível de atributos sensoriais relacionados à aparência, aroma, sabor, textura e teor de sal. No dia da sessão, as amostras foram cortadas em pedaços aproximadamente cúbicos de 1,5 de aresta, servidas em copos plásticos de poliestireno e acondicionadas sob refrigeração (5°C), previamente à análise. Para abrir a discussão, o líder da sessão perguntou à cada um dos provadores sobre as características que melhor descreviam os produtos a serem avaliados, suas definições e instruiu como iriam provar cada amostra. Ao final, foram discutidas e elaboradas as definições dos atributos para a ficha individual dos provadores. Vinte e duas características relacionadas às amostras foram descritas. Destas, 7 foram eliminadas em função de similaridade entre os termos descritos, totalizando 15 atributos.

2.4.2 Avaliação da preferência e questionário CATA

Cento e quatro consumidores não treinados, com idades entre 18 e 60 anos, foram selecionados aleatoriamente na Embrapa Agroindústria de Alimentos. Todos os consumidores não eram alérgicos ao leite e eram consumidores de queijo Minas Frescal. Os consumidores foram convidados a experimentar os queijos e marcar na escala hedônica estruturada de nove pontos sua aceitação expressa como “gostar” do produto, onde 1 equivalia a “desgostei muitíssimo”, e 9, a “gostei extremamente”. Em seguida,

eles responderam questionário CATA composto por 15 atributos relacionados com as características sensoriais do queijo Minas Frescal. Os termos considerados foram os seguintes: aparência característica de queijo Minas Frescal; aroma característico de queijo Minas Frescal; aroma de leite; aroma suave; cremoso; macio; úmido; consistência característica de queijo Minas Frescal; sabor característico de queijo Minas Frescal; saboroso; sem sabor; pouco salgado; teor de sal ideal; muito salgado; e firme. Os atributos incluídos no questionário CATA foram selecionados considerando os termos levantados preliminarmente. A ordem de apresentação dos termos no CATA foi equilibrada de maneira a variar a sequência das amostras avaliadas entre os participantes (ARES et al., 2014).

2.5 Análise estatística

Utilizou-se análise de variância (ANOVA) para um delineamento fatorial completo 2x3 considerando dois métodos de salga (Salga no leite - SL e Salga na massa - SM) e três concentrações de sal (0,2; 1,6 e 3,0% de NaCl), como causas de variação. Para checar a existência de diferença entre as médias, utilizou-se o teste de Tukey. Para todos os casos utilizou-se um nível de 5% de significância. Técnicas de análises multivariadas foram utilizadas, como a Análise de Componentes Principais (ACP), que analisou os dados nos quais os tratamentos estão relacionados por variáveis de resposta inter-relacionadas, onde o objetivo foi agrupar as variáveis físico-químicas em função da similaridade. A ACP foi realizada nos dados padronizados para evitar o efeito dos diferentes níveis de grandeza das variáveis de resposta. A padronização dos dados de cada variável de resposta foi feita mediante a subtração de cada valor pela sua média dividida pelo erro padrão. Foi utilizada análise de cluster hierárquico (ACH) para o estudo da similaridade entre os provadores, mediante o cálculo de distância euclidiana e aplicação do método de Ward. Logo depois, foi utilizada a técnica de aglomeração hierárquica para agrupar os provadores, segundo o estudo prévio de ACH. Para análise dos dados do questionário CATA, a frequência de uso de cada atributo foi determinada pela contagem do número de consumidores que o utilizaram para descrever cada amostra. E para a avaliação da significância destes atributos do CATA, utilizou-se o teste Q de Cochran (MANOUKIAN, 1986; PARENTE, MANZONI e ARES, 2011). Todas as análises estatísticas foram feitas usando o software R 3.2.4 (2016) desenvolvido pela Core Team (2011) R, e os pacotes, FactorMineR 1.32. e SensorMineR 1.2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises Físico-Químicas e Rendimento

A Tabela 1 mostra as médias obtidas nas análises físico-químicas e o rendimento do queijo no experimento realizado. O teor de gordura, pH, acidez e lactose nos queijos não foram influenciados nem pelo método nem pela concentração de sal avaliada ($p > 0,05$).

Tabela 1. Composição centesimal, pH, acidez total e rendimento do queijo Minas Frescal elaborado com diferentes teores de sal e dois métodos de salga.

Parâmetros físico-químicos	Método de salga	3,0%	1,6%	0,2%
Umidade (g/100g)	SL	70,35 ^a ± 0,78	69,31 ^{ab} ± 0,16	67,20 ^b ± 0,83
	SM	68,71 ^{ab} ± 0,44	70,52 ^a ± 0,86	67,94 ^{ab} ± 0,64
Resíduo mineral fixo (g/100g)	SL	3,70 ^a ± 0,11	2,69 ^{bc} ± 0,08	1,97 ^c ± 0,29
	SM	3,15 ^{ab} ± 0,10	2,50 ^{bc} ± 0,03	2,02 ^c ± 0,42
Proteína (g/100g)	SL	17,25 ^c ± 0,35	17,90 ^c ± 0,10	19,90 ^a ± 0,42
	SM	18,01 ^c ± 0,14	18,30 ^{bc} ± 0,28	19,65 ^{ab} ± 0,64
Gordura (g/100g)	SL	11,08 ^a ± 0,64	11,86 ^a ± 0,88	11,51 ^a ± 0,51
	SM	12,06 ^a ± 0,11	11,88 ^a ± 0,71	11,23 ^a ± 0,23
pH	SL	6,91 ^a ± 0,04	6,92 ^a ± 0,01	6,91 ^a ± 0,03
	SM	6,87 ^a ± 0,01	6,86 ^a ± 0,01	6,93 ^a ± 0,07
Acidez total (g/100g)	SL	0,09 ^a ± 0,02	0,10 ^a ± 0,01	0,10 ^a ± 0,02
	SM	0,103 ^a ± 0,02	0,09 ^a ± 0,02	0,10 ^a ± 0,01
Lactose (g/100g)	SL	3,52 ^a ± 0,16	3,23 ^a ± 0,55	3,32 ^a ± 0,33
	SM	3,73 ^a ± 0,17	3,14 ^a ± 0,64	2,96 ^a ± 0,86
Sódio (mg/100g)	SL	996,68 ^a ± 1,17	513,33 ^c ± 0,69	94,52 ^e ± 0,52
	SM	717,24 ^b ± 0,27	412,36 ^d ± 0,94	86,77 ^f ± 0,75
Cálcio (mg/100g)	SL	418,18 ^d ± 0,42	451,45 ^b ± 0,26	470,73 ^a ± 1,25
	SM	409,79 ^c ± 0,59	420,14 ^d ± 0,71	424,72 ^c ± 1,04
Rendimento (g/L)	SL	295,71 ^a ± 1,63	263,90 ^c ± 1,28	221,20 ^f ± 0,64
	SM	272,39 ^b ± 1,35	257,05 ^d ± 2,79	229,54 ^e ± 1,56

Legenda: SL: Salga no leite; SM: Salga na massa; Letras iguais na vertical e na horizontal para os valores de uma mesma variável não diferem entre si significativamente ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

O teor de umidade além de afetar a consistência (firmeza) do queijo, tem influência sobre o rendimento, desenvolvimento de microrganismos, vida útil e modificações físico-químicas que ocorrem durante o processo de maturação. A umidade foi superior a 55% para todos os queijos, concordando com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (BRASIL, 1997), que classifica o queijo Minas Frescal como de alta umidade. O SL30 e SM16 foram os queijos que obtiveram os maiores valores de umidade, 70,35 e 70,52 g/100g respectivamente. Diferentes concentrações de sal para a salga no leite resultaram em diferença significativa ($p < 0,05$) para umidade entre as amostras SL30 e SL02. Essa diferença no teor de umidade por ter se dado em decorrência da maior entrada de sal por difusão no queijo com a maior concentração empregada, com base na Lei de Fick, e o movimento da água e sólidos solúveis ocorreu por aumento decorrente da pressão osmótica (GUINEE e FOX, 2004; HOFMEISTER et al., 2005). A maior difusão do sal em função do aumento dos níveis de sal aumenta a hidratação das micelas de caseína, devido às alterações nas ligações entre proteínas e as moléculas de água (DOYLE e GLASS, 2010), retendo mais soro. Essa hidratação se dá devido às trocas de cátions divalentes e também de prótons, ambos ligados aos resíduos de fosfoserina das moléculas de caseína, pelo sódio. Uma vez que mais água foi mantida na matriz, queijos com menor sinérese tendem a ter teores de umidade maior (GUINEE e FOX, 2004; FUCÀ et al., 2012). Em geral, uma maior taxa de absorção de sal está relacionada ao aumento dos níveis de sal no queijo (GUINEE, 2004). No entanto, o método de salga e fatores como pH, temperatura, tipo de queijo e processo de fabricação devem ser levados em conta, como relatado por

Melilli et al. (2003) em seus estudos com queijo Ragusano salgado em salmoura. Naldini, Viotto e Kuaye (2009) observaram que o teor de umidade em queijo Minas Frescal produzidos através de cultura lática e acidificação direta foram 65,8 e 64,1 %, respectivamente. Buriti, Da Rocha e Saad (2005), investigaram as propriedades físico-químicas e reológicas do queijo Minas Frescal adicionado de *Lactobacillus acidophilus*. Os autores encontraram teores de umidade variando de 67,2 a 68,6%

Minerais são essenciais para vida e constituem uma pequena fração do leite (8-9g/L) (GAUCHERON, 2005), apesar disso, tem importância relevante do ponto de vista tecnológico (processamento e estocagem do leite e derivados, conformação e estabilidade da caseína e atividade enzimática). Nessa fração encontram-se cálcio, sódio, potássio e magnésio que formam sais com os elementos ácidos (proteínas, fosfato e cloro). Os queijos analisados apresentaram teor médio de resíduo mineral fixo de 2,67 g/100g. Maiores teores de cloreto de sódio no queijo resultaram em maiores teores de cinza de 3,7 e 3,15 g/100g para SL30 e SM30, respectivamente. O teor de resíduo mineral fixo pode variar nos diferentes tipos de queijo conforme processo de fabricação (pH, temperatura, coagulação, tratamento da massa e acidez resultante) sendo influenciados pela adição de sal (sódio, cálcio e citrato) e ingredientes (opcionais) (OLIVEIRA, 1986; LOURENÇO NETO, 2013; CRUZ et al., 2016). No geral a permanência de minerais no queijo como cálcio, magnésio, manganês e zinco que estão associados à caseína, é dependente da força iônica e do pH do meio (ZAMBERLIN et al., 2012; LOURENÇO NETO, 2013). Diferentes concentrações de sal para os métodos de salga avaliados resultaram em diferença significativa ($p \leq 0,05$) para resíduo mineral fixo entre as amostras com maior (3,0%) e menor concentração (0,2%). O aumento da força iônica devido a adição de sal aumenta a solubilidade de íons como cálcio e magnésio. Queijos com maior adição de sal têm maior probabilidade de perda destes minerais durante a dessoragem da massa (CRUZ et al., 2016). Porém, como os tratamentos com maior concentração de sal, resultaram em queijos com maior umidade e menor sinérese neste estudo, provavelmente houve maior permanência de minerais na massa. Cunha et al. (2002) avaliaram o efeito do fator de concentração do retentado no rendimento de queijo Minas Frescal produzido por ultrafiltração e encontraram valores de resíduo mineral fixo variando de 3,42 a 4,03 g/100g. SANT'ANA et al. (2013) reportaram valores entre 2,21 e 2,26 g/100g para queijos Minas Frescal produzidos com leite bovino e de cabra.

O teor de proteína variou de 17,2 a 19,9 g/100g. Os maiores valores de proteína (19,6 e 19,9 g/100g) ocorreram para a menor concentração de sal (0,2%). Diferentes concentrações de sal resultaram em diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o teor de proteína. De acordo com estudos conduzidos por Rulikowska et al. (2013) em qualidade de Queijo Cheddar reduzido em sódio, níveis decrescentes de NaCl resultaram na diminuição de gordura, proteína, resíduo mineral fixo, sódio e pH, em geral. Floury et al. (2009) afirmaram que proteínas do queijo não só interagem entre si, mas também com água, gordura e sal. As intensidades destas interações dependem da força iônica do meio e das condições de processamento. Níveis (16,6 – 18,8 g/100g) semelhantes foram reportado por Felicio et al. (2016). Estudos com queijo Minas Frescal adicionado de *Lactobacillus* apresentaram valores médios de 13,68 g/100g (RIBEIRO, SIMÕES e JURKIEWICZ, 2009).

No que diz respeito aos níveis de sódio do queijo, os valores variaram de 86,77 mg/100g para SM02 a 996,68 mg/100g para SL30. Os dados demonstram que independente da concentração de cloreto de sódio utilizada a salga na massa apresentou uma menor quantidade de sódio. Queijos preparados com as menores concentrações de sal (0,2%) apresentaram valores que os classificam, como queijos com baixo teor de

sódio, quando comparados com as demais concentrações utilizadas neste estudo. De acordo com a legislação (BRASIL, 2010) alimentos a serem classificados como possuindo baixo teor de sódio, devem apresentar valores de sódio menores ou iguais a 120mg Na /100g do alimento. Grummer et al. (2012), trabalhando com queijo estilo cheddar com redução de sódio, relataram que quanto maiores as concentrações de sal inseridas na massa úmida, maiores as perdas dessa substância devido à maior sinérese.

Em relação à quantidade de cálcio para ambos os métodos de salga investigados, quanto maior a concentração de sal (3,0%) menor os valores resultante de cálcio (média de 413,98 g/100g). Quando a salga é realizada no leite ou na massa, há uma solubilização parcial do cálcio coloidal associada às micelas de caseína. Provavelmente, a redução de sódio levou à uma diminuição na dissolução de cálcio a partir da matriz para-caseína (GUINEE, 2004), com efeito direto sobre o nível de cálcio coloidal, resultando em melhor retenção do cálcio na matriz do queijo.

O rendimento foi maior para as maiores concentrações de sal e para a salga no leite 295,71 g/L. A menor concentração de sal (SL02 e SM02), independentemente do método de salga, resultou nos menores valores de rendimentos, de 221,2 e 229,54 g/L, respectivamente. No entanto, para a menor concentração (0,2% NaCl), houve diferença significativa ($p < 0,05$) do rendimento quando se comparou os dois métodos de salga. Ressalta-se que alguns aspectos importantes na fabricação do queijo têm que ser levados em consideração, entre eles a qualidade e a composição do leite (especialmente teores de proteína e gordura do leite), umidade (queijo), bem como o processo de produção (coagulação, corte, salga e mexedura), o que vai repercutir na qualidade final do produto e no seu rendimento (DE PAULA, DE CARVALHO e FURTADO, 2009).

Em relação ao método de salga na massa, Guinee (2004) considera apresentar como desvantagem a não distribuição uniforme do sal na massa, o que pode gerar variações durante o processo de maturação como em queijos Cheddar e Cheshire. Neste sentido, a adição do sal no leite, procedimento este adotado na fabricação de queijos Domiati e Minas Frescal, apresenta a vantagem de dar mais uniformidade ao queijo. No entanto, de acordo com Abou El Nour (1998), a adição de sal ao leite para fabricação de queijo, mesmo a níveis baixos ($>1\%$ m/m), é indesejável, uma vez que prejudica gravemente a capacidade do leite coagular, formar a coalhada e a sinérese (PEARSE e MACKINLAY, 1989). O aumento do tempo de coagulação pela adição de sal no leite, não é completamente entendido. Este efeito adverso do sal sobre a formação do coalho é provavelmente consequência das ligações de íons Na^+ pela caseína e a consequente redução dos níveis de cálcio coloidal, além do aumento da hidratação de caseína, especialmente quando o pH diminui na faixa de 6,6 – 5,2 (EL-SALAM, ALICHANIDIS e ZERFIRIDIS, 1999). Outra hipótese seria o efeito anti-enzimático decorrente de concentrações crescentes de sal (FAHMI e SHARARA, 1950). Em relação à consistência do coágulo (mole), pode ser explicada pela troca de íons de cálcio por íons de sódio, formando caseinato de sódio, ou complexo caseinato de sódio-cálcio. Estes são hidrofílicos e por absorverem mais água, o coágulo resultante torna-se mais macio (VAN SLYKE e VAN PRICE, 1949). Conforme comprovado na presente pesquisa, em alinhamento com a literatura, o rendimento está associado aos valores de umidade. Como dito anteriormente, o sal tem influência direta na hidratação proteica e na sinérese de queijos. A Tabela 2 mostra os valores p das análises de variância em função do método de salga e teor de sal do queijo Minas Frescal no experimento realizado.

Tabela 2. Valores de p das análises de variância em função do método de salga, teor de sal e sua interação.

Parâmetros	Método de salga	Teor de sal	Método de salga * Teor de sal
<i>Umidade</i>	0,788	0,005	0,048
<i>Resíduo mineral fixo</i>	0,126	0,000	0,230
<i>Proteína</i>	0,207	0,000	0,228
<i>Gordura</i>	0,501	0,517	0,343
<i>pH</i>	0,457	0,486	0,476
<i>Acidez total</i>	0,869	0,895	0,862
<i>Lactose</i>	0,790	0,371	0,729
<i>Sódio</i>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
<i>Cálcio</i>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
<i>Rendimento</i>	0,000	< 0.0001	< 0.0001

Observa-se que o teor de sal foi significativo para umidade, resíduo mineral fixo e proteína, havendo ainda a interação (método de salga e teor de sal) para a variável umidade. As variáveis, sódio, cálcio e rendimento foram influenciadas significativamente pelos fatores em estudo (método de salga, teor de sal) e sua interação ($p < 0,05$).

3.2 Análise de componentes principais

A Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 2) forneceu uma interpretação simplificada das relações entre as variáveis de resposta bem como das amostras, facilitando a correlação entre elas e permitindo identificar quais tratamentos são caracterizados por determinadas variáveis. Na representação gráfica da ACP, a variabilidade das amostras é apresentada em eixos ortogonais denominados componentes. O primeiro componente ou componente principal (CP1) explica a maior parte da variabilidade entre as amostras, seguido pelos demais componentes (ALMEIDA et al., 1999). Neste experimento, a soma dos dois primeiros componentes (CP1 e CP2) explicaram 80,99% da variabilidade.

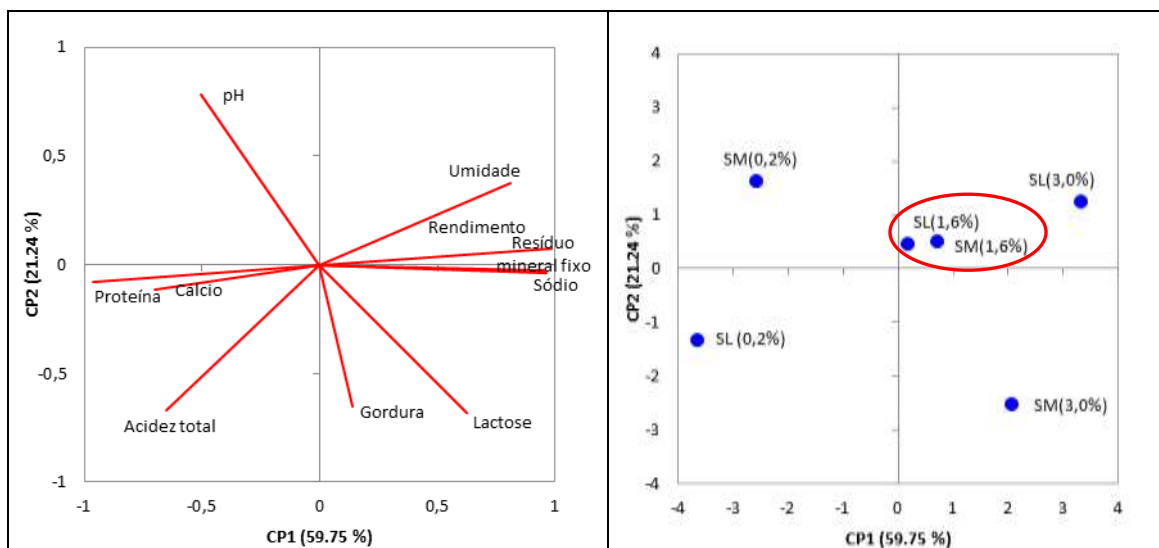


Figura 2. Análise de componentes principais das amostras de queijo Minas Frescal: a) representação das variáveis físico-químicas; e b) representação das amostras, onde SM02 (Salga na massa – 0,2% NaCl); SM16 (Salga na massa – 1,6% NaCl); SM30 (Salga na massa – 3,0% NaCl); SL02 (Salga no leite – 0,2% NaCl); SL16 (Salga no leite – 1,6% NaCl); SL30 (Salga no leite – 3,0% NaCl).

De acordo com a Figura 2 (b) os tratamentos SM30, SM02 e SL02 encontram-se mais separados dos outros tratamentos, situando-se na parte direita inferior, esquerda superior e esquerda inferior do gráfico, respectivamente. Por outro lado, o tratamento SL30 ficou na parte direita superior, com atributos similares em termos qualitativos aos tratamentos situados no mesmo quadrante com níveis intermediários de salga SL16 e SM16, que tiveram, porém, tais características em níveis bastante reduzidos em termos quantitativos, mais associados com ausência de características predominantes. Adicionalmente, nota-se que o tratamento SL30 está relacionado com os maiores teores de umidade e rendimento, por estar situado em quadrante equivalente a tais atributos, conforme as Figuras 2 (a) e (b). Ainda de acordo com a Figura (2), SL02 relacionou-se com os maiores teores de acidez total. SM30 relacionou-se com os maiores teores de lactose e gordura e SM02 com os maiores valores de pH.

A Figura 3 ilustra as médias para a umidade, rendimento, sódio e cálcio do queijo Minas Frescal em diferentes concentrações de sal (NaCl) e método de salga.

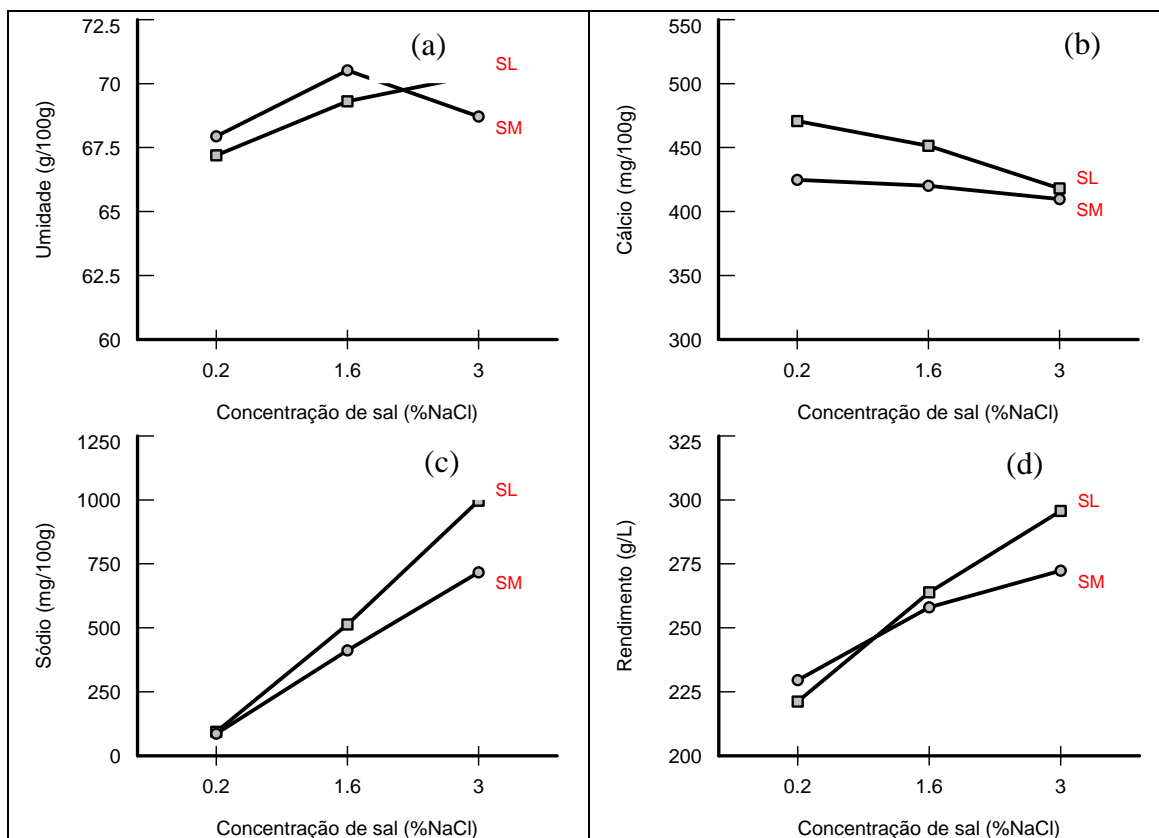


Figura 3. Gráficos de valores médios para os parâmetros umidade (a), rendimento (b), sódio (c) e cálcio (d) do queijo Minas Frescal em diferentes concentrações e métodos de salga.

A Figura 3 corrobora o dados de interação para as variáveis (umidade, rendimento, sódio e cálcio) apresentadas na Tabela 2 para os fatores avaliados (tipo de salga e concentração de sal).

3.3 Análise sensorial

3.3.1 Perfil dos consumidores

A Tabela 3 ilustra o perfil sócio econômico dos consumidores e em relação às questões atitudinais sobre compra e consumo de queijo.

Tabela 3. Perfis sócios-demográficos e atitudinal dos consumidores (n = 104) que participaram do estudo de aceitação de queijo Minas Frescal.

Característica	Descrição	N	%
<i>Gênero</i>	Feminino	58	56
	Masculino	46	44
<i>Escolaridade</i>	Fundamental	1	1
	Médio incompleto	2	2
	Médio	7	7
	Superior incompleto	20	19
	Superior	20	19
	Pós-graduação	54	52
<i>Renda familiar (salário mínimo, R\$ 788,00 em dez./2015)</i>	1 a 5 salários	37	36
	>5 a 10	18	17
	>10 a 20	33	32
	>20 a 30	12	12
	>30	4	4
<i>Frequência em que consome queijo Minas Frescal</i>	Nunca	1	1
	1 vez ao mês	10	10
	Mais de 1 vez ao mês	14	13
	1 vez na semana	21	20
	Mais de 1 vez na semana	29	28
	1 vez ao dia	25	24
	Mais de 1 vez ao dia	4	4
<i>Acha que o queijo vendido no mercado tem muito sal?</i>	Sim	46	44
	Não	46	44
	Não sei dizer	12	12
<i>Já provou queijo Minas Frescal com teor de sal reduzido?</i>	Sim	35	34
	Não	69	66
<i>Você está disposto a consumir um queijo com menos sal e, portanto mais saudável?</i>	Sim	93	89
	Não	11	11
<i>Problemas de saúde na família associado ao consumo excessivo de sal</i>	Sim	68	65
	Não	31	30
	Não quero opinar	5	5

De acordo com os dados de perfis, mais da metade dos consumidores (56%) pertencia ao gênero feminino e possuía pós-graduação (52%), já em relação à renda, pode-se considerar que houve uma distribuição equilibrada entre os participantes. A frequência de consumo foi predominante em 28% de consumidores, que relataram consumir queijo mais de 1 vez na semana, e 24% que consomem queijo 1 vez por dia. Sobre se consideram que o queijo vendido no mercado tem muito sal, 44% dos participantes afirmaram que sim. Em relação ao consumo de queijo Minas Frescal com teor de sal reduzido, 66% afirmaram nunca ter consumido. Mais da metade dos provadores estão dispostos a consumir queijo com menos sal (89%) e 65% disseram ter

algum membro da família com problema de saúde associado ao consumo de sal.

3.3.2 Teste de aceitação

O método de salga não influenciou a aceitação das amostras para os queijos com menor concentração (0,2%) e concentração intermediária (1,6%) de sal, já para os queijos elaborados com maior de concentração sal (3,0% NaCl), houve interação entre ambos os fatores (método de salga e concentração) ($p \leq 0,05$).

Observa-se que as maiores médias de aceitação foram para os tratamentos com SL16 (7,41) e SM16 (7,01), o que indicou boa aceitação das amostras. Por outro lado, uma redução na concentração de sal utilizada (SL02 e SM02) na formulação do queijo Minas Frescal, promoveu o desenvolvimento de produto com menor aceitabilidade, com pontuação média de 3,63, o que corresponde ao “desgostei” (Figura 8).

As médias da aceitação e percentual de rejeição/indiferença/aceitação de cada amostra são mostradas na Tabela 4 e Tabela 5, respectivamente.

Tabela 4. Aceitação global das amostras.

Tipo de salga	3,0%	1,6%	0,2%
SL	5,2 ^{bb}	7,4 ^{aA}	3,7 ^{aC}
SM	6,4 ^{aA}	7,0 ^{aA}	3,5 ^{aB}

Legenda: Médias de tratamentos seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, onde SL - Salga no leite; SM-Salga na massa.

As porcentagens dos valores hedônicos de 1 a 4 foram somadas e denominadas de “% de rejeição”, enquanto que as porcentagens dos valores hedônicos de 6 a 9 foram denominadas de “% de aceitação”; o valor 5 foi considerado como região de indiferença (“nem gostei, nem desgostei”).

Tabela 5. Resultados da percentagem de rejeição, indiferença e aceitação do queijo tipo Minas Frescal com diferentes concentrações de sal (NaCl) e método de salga.

Método de salga	Concentração de sal (% NaCl)	Aceitação geral do queijo tipo Minas Frescal		
		% rejeição	% indiferença	% aceitação
SL	0,2	62,61	13,04	24,35
SM	0,2	69,57	9,57	20,87
SL	1,6	4,35	6,96	88,70
SM	1,6	10,43	3,48	86,09
SL	3,0	40,87	6,96	52,17
SM	3,0	18,26	11,30	70,43

Legenda: SL- Salga no leite; SM-Salga na massa.

Conforme anteriormente considerado, os queijos SL16 e SM16 tiveram o maior percentual de aceitação, 88,7 e 86,09%, respectivamente. A maior rejeição ficou para os queijos com menor teor de sal. Estudos têm relatado o desenvolvimento de produtos com teor reduzido de sódio e com boa aceitabilidade, mas em tais estudos prevalece a substituição parcial de NaCl por diferentes misturas de sais, tais como KCl, CaCl₂ ou MgCl₂, ou a adição de intensificadores de sabor como o glutamato monossódico (DESMOND, 2006; CRUZ, A. G. et al., 2011; AYYASH, SHERKAT e SHAH, 2013).

Dois segmentos de consumidores foram identificados na avaliação dos tratamentos, como se observa no dendograma (Figura 4), realizado a partir das respostas

em relação à aceitação das amostras. Em seguida, utilizou-se a segmentação hierárquica dos dois grupos formados previamente e obteve-se que o primeiro grupo foi composto por 44 provadores, enquanto o segundo grupo foi constituído por 71 provadores.

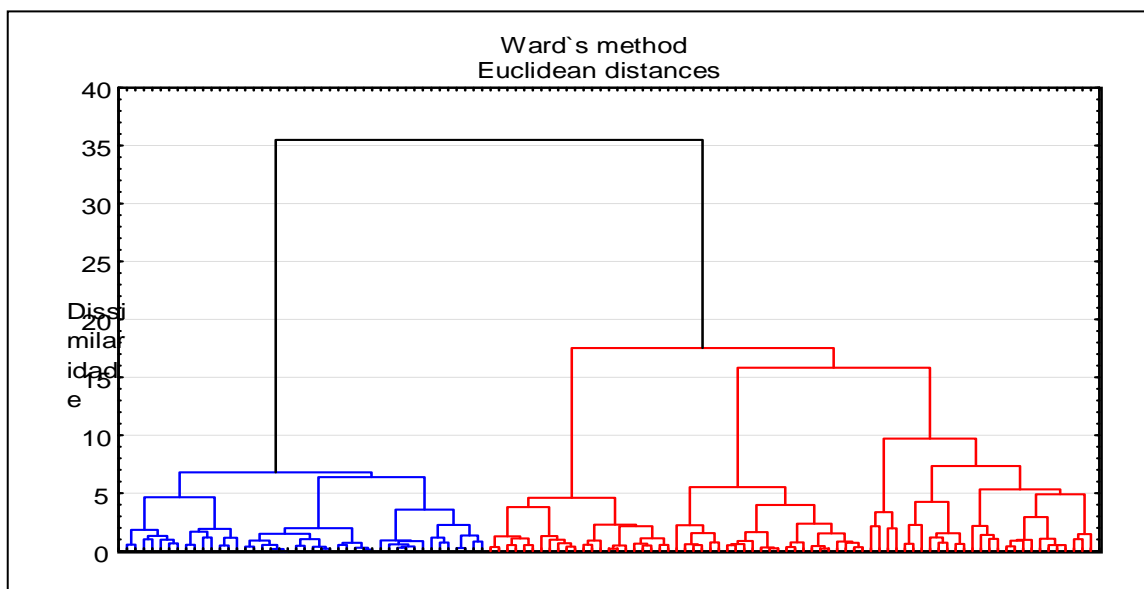


Figura 4. Dendrograma dos consumidores (n=104) para a aceitação das amostras de queijo Minas Frescal processados com dois métodos de salga (salga no leite ou na massa) e três teores de sal (0,2%, 1,6% e 3,0%).

Os dois grupos tiveram tendência de avaliação semelhante (Figura 5), diferenciando-se na faixa da escala de nove pontos que foi usada por cada grupo. De acordo ainda com a figura, as amostras que tiveram a maior aceitação por ambos os grupos de avaliadores foram aquelas com níveis de sal intermédio (SL16 e SM16).

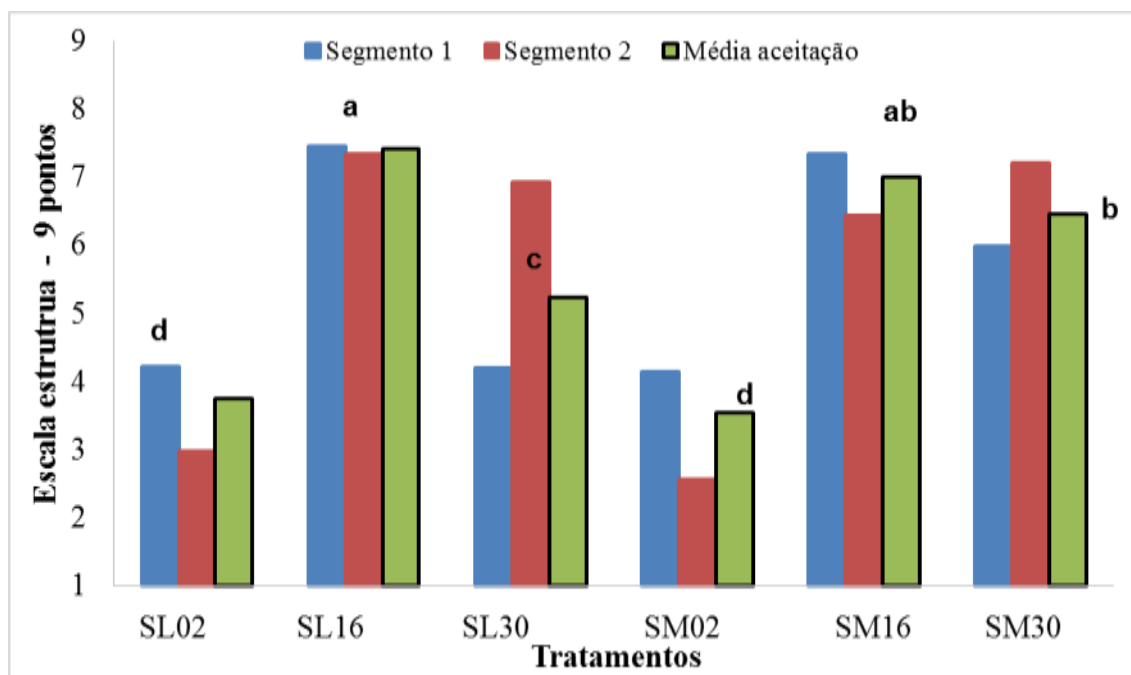


Figura 5. Aceitação para os queijos Minas Frescal elaborados por dois métodos de salga (salga no leite SL e salga na massa SM) e três concentrações de sal (NaCl) (0,2%, 1,6% e 3,0%). Letras diferentes na média geral apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

3.3.3 Check-all-that-apply (CATA)

Dos 22 termos relacionados aos queijos Minas Frescal, levantados preliminarmente, 7 foram eliminados em função de similaridades entre os mesmos, o que resultou em questionário composto por 15 termos. De acordo com (JAEGGER et al., 2015), o uso de uma lista grande de termos na avaliação do CATA pode acarretar uma menor frequência dos termos utilizados, enquanto que a frequência dos termos tende a aumentar quando é utilizada uma lista menor de termos, agrupando-os em sinônimos e antônimos.

De acordo com a tabela de frequência (Tabela 6), considerando todos os tratamentos, os atributos que mais foram marcados pelos consumidores foram: Aparência característica de queijo Minas Frescal, Consistência característica de queijo Minas Frescal e Macio.

Tabela 6. Frequência (%) que cada um dos termos do questionário CATA foi marcado para descrição sensorial do queijo Minas Frescal com dois métodos de salga (salga direta e na massa) e três concentrações de sal (0,2%, 1,6% e 3,0%).

Características	SL02	SL16	SL30	SM02	SM16	SM30
<i>Aparência característica de queijo Minas Frescal</i>	9,11	7,08	8,25	8,97	7,54	7,33
<i>Aroma característico de queijo Minas Frescal</i>	2,31	4,21	4,18	2,54	3,93	3,99
<i>Aroma de leite</i>	4,62	3,49	3,02	5,49	4,44	3,45
<i>Aroma suave</i>	3,2	3,6	3,7	3,7	3,4	3,1
<i>Cremoso</i>	2,6	3,6	3,8	3,7	3,4	3,6
<i>Macio</i>	9,1	9,5	10,1	10,3	9,8	8,9
<i>Úmido</i>	5,3	5,3	6,3	5,8	5,1	6,4
<i>Consistência característica de queijo Minas Frescal</i>	7,1	5,8	6,9	5,5	5,6	6,0
<i>Sabor característico de queijo Minas Frescal</i>	1,9	5,9	4,6	1,3	5,1	5,8
<i>Saboroso</i>	0,9	6,8	4,1	0,8	6,4	6,1
<i>Sem sabor</i>	8,3	0,4	0,1	9,0	0,6	0,5
<i>Pouco salgado</i>	13,0	2,4	0,3	13,9	4,0	1,0
<i>Teor de sal ideal</i>	0,5	7,4	1,4	0,5	5,6	3,2
<i>Muito salgado</i>	0,0	0,7	10,3	0,0	0,6	5,6
<i>Firme</i>	4,1	2,9	3,7	2,7	3,1	3,1

De acordo com estudos, a aparência do produto pode afetar a percepção do consumidor, sendo determinante na aceitação e aquisição do mesmo pelo consumidor, qualquer alteração neste atributo pode diminuir sua aceitabilidade (IMRAM, 1999; DELIZA et al., 2010; PIQUERAS-FISZMAN et al., 2012; WEI et al., 2012).

Já para os tratamentos com menor teor de sal (SL02 e SM02), o atributo pouco salgado e sem sabor obtiveram a maior frequência, estando de acordo com as menores médias de aceitação encontradas. Para o atributo teor ideal de sal, SL16 e SM16 apresentaram a maior frequência, o que pode ter contribuído para os resultados com as maiores médias de aceitação neste estudo. Já se sabe que o sal está fortemente relacionado com o gosto em queijos, influenciando na preferência e aceitabilidade do

produto, condição confirmada em estudo conduzido por Ritvanen et al. (2010) em queijos do tipo Havarti. Rodrigues et al. (2014), trabalhando com queijo Mussarela reduzido de sódio, desmostraram que os consumidores não necessitam de um queijo muito salgado, sendo capaz de aceitar e apreciar um produto com uma menor intensidade de sal. Gomes et al. (2011) investigaram o efeito de redução de sódio pela substituição parcial de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl) no processamento de queijo Minas Frescal, e constataram ser possível produzir queijos com boa aceitabilidade e textura.

O atributo úmido corrobora os resultados apresentados na Tabela 2 para os tratamentos SL30 e SM30. Para o atributo muito salgado, o tratamento SL30 apresentou maior percentual de frequência que SM30.

O teste CATA (Figura 6) permitiu identificar os atributos que mais se relacionaram com cada tratamento. As amostras SM16, SL16 e SM30 apresentaram maior proximidade com os termos aroma de leite, aroma suave, aroma característico, sabor característico, saboroso, cremoso, úmido, consistência característica, firme, macio e aparência característica. Os tratamentos SM16 e SL16 destacaram-se pela proximidade entre si e com o termo teor ideal de sal (Figura 6), o que corrobora com as maiores médias no teste de aceitação (Tabela 4). SL30 se destacou por estar mais próximo do atributo muito salgado, resultado também corroborado pela análise de componentes principais Figura 2 (b). As amostras com menores teores de sal (SL02 e SM02) foram as que mais se distanciaram dos atributos muito salgado e teor ideal de sal, e ambos os tratamentos tiveram relação próxima com os atributos sem sabor e pouco salgado, o que acabou por refletir em menor aceitação pelos consumidores.

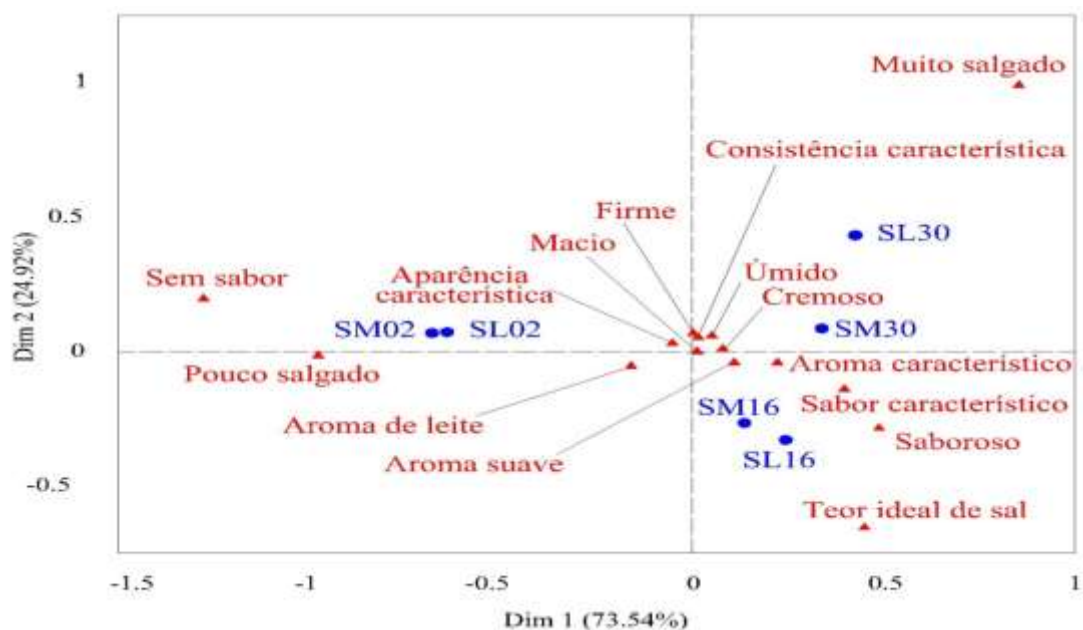


Figura 6. Termos sensoriais usados para descrever as amostras nas duas primeiras dimensões da análise de componentes principais (ACP) das variáveis descritivas no CATA e representação das seis amostras (oriundas de diferentes tipos de salga – no leite e na massa e concentrações de sal (0,2%, 1,6% e 3,0%) de queijo Minas Frescal.

O teste Q de Cochran (MANOUKIAN, 1986) foi utilizado para determinar que atributos influenciaram mais a classificação das amostras. De acordo com a Tabela (7), os atributos que influenciaram significativamente ($p < 0,05$) na classificação das amostras foram: aroma característico de queijo Minas Frescal, aroma suave, macio,

consistência característica de queijo Minas Frescal, sabor característico de queijo Minas Frescal, saboroso, sem sabor, pouco salgado, teor de sal ideal e muito salgado. Dessa forma, fica evidenciado o efeito determinante da percepção de sal no queijo (decorrente do tipo e concentração de salga) na classificação e aceitação do produto.

Tabela 7. Atributos utilizados no teste CATA avaliados mediante o teste Q de Cochran

Termo	Valores P	Termo	Valores P	Termo	Valores P
<i>Aparência característica de queijo Minas Frescal</i>	2,946025e-01	<i>Úmido</i>	7,936156e-02	<i>Creimoso</i>	1,276701e-01
<i>Aroma característico de queijo Minas Frescal</i>	4,768477e-05	<i>Consistência característica de queijo Minas Frescal</i>	1,084875e-01	<i>Pouco salgado</i>	5,972295e-72
<i>Aroma de leite</i>	9,594415e-02	<i>Sabor característico de queijo Minas Frescal</i>	1,263698e-18	<i>Teor de sal ideal</i>	2,731107e-35
<i>Aroma suave</i>	1,159459e-03	<i>Saboroso</i>	7,973951e-31	<i>Muito salgado</i>	4,081919e-66
<i>Macio</i>	7,705998e-04	<i>Sem sabor</i>	7,133662e-54	<i>Firme</i>	3,736473e-01

4 CONCLUSÃO

A concentração de sal apresentou maior efeito para os parâmetros umidade, resíduo mineral fixo, proteína, sódio, cálcio e rendimento. Teores de sal mais elevados no processo de salga resultaram em aumento de rendimento. Esse aumento está relacionado à maior umidade nos queijos. Queijos produzidos pela salga do leite resultaram em níveis mais elevados de sódio e cálcio, em comparação com a salga na massa. A interação dos fatores avaliados (método de salga e teor de sal) ocorreu apenas para os parâmetros umidade, sódio, cálcio e rendimento. Concentração de sal de 1,6% no processo de salga alcançou a maior média de aceitação, em relação aos queijos submetidos a salga com concentrações com teores de 0,2% e 3,0%. A influência do processo de salga e a maior cocentração de sal (3,0% NaCl) utilizado nessa etapa mostrou-se determinante na aceitação do produto. Sugere-se estudos mais aprofundados com a inclusão de variáveis como textura e segurança microbiológica para melhor compreensão e potencial de formulação do queijo Minas Frescal com menor teor de sal e tipo de salga utilizado no processo de fabricação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASLYNG, M. D.; VESTERGAARD, C.; KOCH, A. G. The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 47-55, 2014.

ABOU EL NOUR, A. Effect of sodium chloride, a mixture of sodium chloride and potassium chloride on the curd characteristics. **Egyptian Journal of Dairy Science**, v. 26, p. 193-202, 1998.

AGARWAL, S., MCCOY, D., GRAVES, W., GERARD, P. D., CLARK, S. Sodium content in retail Cheddar, Mozzarella, and process cheeses varies considerably in the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 3, p. 1605-1615, 2011.

ALIÑO, M., GRAU, R., FUENTES, A., BARAT, J. M. Influence of low-sodium mixtures of salts on the post-salting stage of dry-cured ham process. **Journal of Food Engineering**, v. 99, n. 2, p. 198-205, 2010.

ALIÑO, M., GRAU, R., TOLDRÁ, F., BLESA, E., PAGÁN, M. J., BARAT, J. M. Influence of sodium replacement on physicochemical properties of dry-cured loin. **Meat Science**, v. 83, n. 3, p. 423-430, 2009.

FOEGEDING, E. A., BROWN, J., DRAKE, M., DAUBERT, C. R. Sensory and mechanical aspects of cheese texture. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 8, p. 585-591, 2003.

ALMEIDA, T. C., FOLEGATTI, M. I., FREIRE, M. T. A., MADEIRA, M. S., SILVA, F. T., SILVA, M. Determinação do perfil sensorial e parâmetros de qualidade de figos em calda produzidos pela indústria brasileira. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 19, p. 234-240, 1999.

ANDREATTA, E., FERNANDES, A. M., SANTOS, M. V. D., MUSSARELLI, C., MARQUES, M. C., GIGANTE, M. L., OLIVEIRA, C. A. F. D. Quality of minas frescal cheese prepared from milk with different somatic cell counts. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 320-326, 2009.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. Gaithersburg, Md.: AOAC International. 2010.

ARES, G., ETCHEMENDY, E., ANTÚNEZ, L., VIDAL, L., GIMÉNEZ, A., JAEGER, S. R. Visual attention by consumers to check-all-that-apply questions: Insights to support methodological development. **Food Quality and Preference**, v. 32, p. 210-220, 2014.

ARMENTEROS, M., ARISTOY, M. C., BARAT, J. M., & TOLDRÁ, F. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts. **Meat Science**, v. 90, n. 2, p. 361-367, 2// 2012.

AYYASH, M. M.; SHERKAT, F.; SHAH, N. P. Effect of partial NaCl substitution with KCl on the texture profile, microstructure, and sensory properties of low-moisture mozzarella cheese. **Journal of dairy research**, v. 80, n. 01, p. 7-13, 2013.

BARRINGER, S. A. **Coating Snack Foods**. In: Hui YH, ed. **Handbook of Food Science, Technology and Engineering**. Food Engineering and food processing. New York: CRC Press: 1691 – 1699 p. 2006.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento Regulamento técnico para Fixação de Identidade e qualidade do queijo Minas Frescal. (Portaria nº 352 , de 4 de setembro de 1997)**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 1997.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico n. 50/2012. Teor de sódio dos alimentos processados. Brasília, DF. 2010.**

BURITI, F. C. A.; DA ROCHA, J. S.; SAAD, S. M. I. Incorporation of Lactobacillus acidophilus in Minas fresh cheese and its implications for textural and sensorial properties during storage. **International Dairy Journal**, v. 15, n. 12, p. 1279-1288, 2005.

BUSCH, J. L. H. C.; YONG, F. Y. S.; GOH, S. M. Sodium reduction: Optimizing product composition and structure towards increasing saltiness perception. **Trends in Food Science & Technology**, v. 29, n. 1, p. 21-34, 2013.

CAMPAGNOL, P. C. B., DOS SANTOS, B. A., TERRA, N. N., POLLONIO, M. A. R. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. **Meat Science**, v. 91, n. 3, p. 334-338, 7// 2012.

CAMPAGNOL, P. C. B., DOS SANTOS, B. A., WAGNER, R., TERRA, N. N., POLLONIO, M. A. R. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. **Meat Science**, v. 87, n. 3, p. 290-298, 3// 2011.

CHOI, Y. M., JUNG, K. C., JO, H. M., NAM, K. W., CHOE, J. H., RHEE, M. S., KIM, B. C. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 21-25, 2014.

CHRISTOFOROU, A., SNOWDON, W., LAESANGO, N., VATUCAWAQA, S., LAMAR, D., ALAM, L., WAQANIVALU, T. Progress on Salt Reduction in the Pacific Islands: From Strategies to Action. **Heart, Lung and Circulation**, 2015,

CHRISTOFOROU, A., SNOWDON, W., LAESANGO, N., VATUCAWAQA, S., LAMAR, D., ALAM, L., WAQANIVALU, T. Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 456-465, 2011.

CORRAL, S.; SALVADOR, A.; FLORES, M. Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 776-785, 2013.

CREHAN, C. M.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. **Meat Science**, v. 55, n. 1, p. 123-130, 2000.

CRUZ, A. G., ANTUNES, A. E. C., CELEGUINI, R. M. S., FARIA, J. A. F., POLLONIO, M. A. R. **Cheese. Types, nutrition and consumption**, p. 1-14, 2011.

RUZ, A. G., FARIA, J. A., POLLONIO, M. A., BOLINI, H. M., CELEGHINI, R. M., GRANATO, D., SHAH, N. P. Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 6, p. 276-291, 2011.

CRUZ, A. G., WALTER, E. H., CADENA, R. S., FARIA, J. A., BOLINI, H. M., PINHEIRO, H. P., & SANT'ANA, A. S. Survival analysis methodology to predict the shelf-life of probiotic flavored yogurt. **Food Research International**, v. 43, n. 5, p. 1444-1448, 2010.

CRUZ, A. G. **Química, Bioquímica, Análise Sensorial e Nutrição no Processamento de Leite e Derivados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

CUNHA, C. R. D., SPADOTI, L. M., ZACARCHENCO, P. B., VIOTTO, W. H. Efeito do fator de concentração do retentado no rendimento de queijo minas frescal de baixo teor de gordura fabricado por ultrafiltração. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v. 22, n. 1, p. 76-81, 2002.

CZARNACKA-SZYMANI, J.; JEZEWSKA-ZYCHOWICZ, M. Impact of nutritional information on consumers' acceptance of cheese with reduced sodium chloride content. **International Dairy Journal**, v. 40, p. 47-53, 2015.

DE PAULA, J. C. J.; DE CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 367, p. 19-25, 2009.

DELIZA, R., ROSENTHAL, A., HEDDERLEY, D., JAEGER, S. R. Consumer perception of irradiated fruit: a case study using choice-based conjoint analysis. **Journal of Sensory Studies**, v. 25, n. 2, p. 184-200, 2010.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 188-196, 2006.

DOS SANTOS, B. A., CAMPAGNOL, P. C. B., MORGANO, M. A., & POLLONIO, M. A. R. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 509-513, 2014.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium Reduction and Its Effect on Food Safety, Food Quality, and Human Health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 1, p. 44-56, 2010.

DU CAILAR, G.; RIBSTEIN, J.; MIMRAN, A. Dietary sodium and target organ damage in essential hypertension. **American journal of hypertension**, v. 15, n. 3, p. 222-229, 2002.

EL-SALAM, M. A.; ALICHANIDIS, E.; ZERFIRIDIS, G. Domiati and Feta type cheeses. In: (Ed.). **Cheese: Chemistry, physics and microbiology**: Springer, p.301-335, 1999.

FAHMI, A.; SHARARA, H. Studies on Egyptian Domiati cheese. **Journal of Dairy Research**, v. 17, n. 03, p. 312-328, 1950.

FELICIO, T. L., ESMERINO, E. A., CRUZ, A. G., NOGUEIRA, L. C., RAICES, R. S. L., DELIZA, R., POLLONIO, M. A. R. Cheese. What is its contribution to the sodium intake of Brazilians? **Appetite**, v. 66, n. 0, p. 84-88, 2013.

FELICIO, T. L., ESMERINO, E. A., VIDAL, V. A. S., CAPPATO, L. P., GARCIA, R. K. A., CAVALCANTI, R. N., RAICES, R. S. L. Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. **Food Chemistry**, v. 196, p. 628-637, 2016.

FLOURY, J., ROUAUD, O., LE POULLENNEC, M., FAMELART, M. H. Reducing salt level in food: Part 2. Modelling salt diffusion in model cheese systems with regards to their composition. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 10, p. 1621-1628, 2009.

FOX, P. F. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: General Aspects**. Academic Press, 2004.

FUCÀ, N., MCMAHON, D. J., CACCAMO, M., TUMINELLO, L., LA TERRA, S., MANENTI, M., LICITRA, G. Effect of brine composition and brining temperature on cheese physical properties in Ragusano cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 1, p. 460-470, 2012.

GANESAN, B., BROWN, K., IRISH, D. A., BROTHENSEN, C., MCMAHON, D. J. Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 4, p. 1970-1982, 2014.

GARITTA, L., LANGOHR, K., GÓMEZ, G., HOUGH, G., BEEREN, C. Sensory cut-off point obtained from survival analysis statistics. **Food Quality and Preference**, v. 43, n. 2 p. 135-140, 2015.

GARITTA, L. V., SERRAT, C., HOUGH, G. E., CURIA, A. V. Determination of Optimum Concentrations of a Food Ingredient Using Survival Analysis Statistics. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 7, p. S526-S532, 2006.

- GAUCHERON, F. The minerals of milk. **Reprod. Nutr. Dev.**, v. 45, n. 4, p. 473-483, 2005.
- GELABERT, J., GOU, P., GUERRERO, L., ARNAU, J. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 833-839, 2003.
- GIMÉNEZ, A.; ARES, G.; GÁMBARO, A. Consumer reaction to changes in sensory profile of dulce de leche due to lactose hydrolysis. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 9, p. 951-955, 2008.
- GOMES, A. P., CRUZ, A. G., CADENA, R. S., CELEGHINI, R. M. S., FARIA, J. A. F., BOLINI, H. M. A., GRANATO, D. Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: Effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 6, p. 2701-2706, 2011.
- GRIMES, C. A.; RIDDELL, L. J.; NOWSON, C. A. Consumer knowledge and attitudes to salt intake and labelled salt information. **Appetite**, v. 53, n. 2, p. 189-194, 2009.
- GROSSI, A., SØLTOFT-JENSEN, J., KNUDSEN, J. C., CHRISTENSEN, M., ORLIEN, V. Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 481-489, 2012.
- GRUMMER, J., BOBOWSKI, N., KARALUS, M., VICKERS, Z., SCHOENFUSS, T. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1401-1418, 2013.
- GRUMMER, J., KARALUS, M., ZHANG, K., VICKERS, Z., & SCHOENFUSS, T. C. Manufacture of reduced-sodium Cheddar-style cheese with mineral salt replacers. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 2830-2839, 2012.
- GUINEE, T. Salting and the role of salt in cheese. **International Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 2-3, p. 99-109, 2004.
- GUINEE, T. P., FEENEY, E. P., AUTY, M. A. E., FOX, P. F. Effect of pH and Calcium Concentration on Some Textural and Functional Properties of Mozzarella Cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1655-1669, 2002.
- GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. In: PATRICK F. FOX, P. L. H. M. T. M. C. TIMOTHY, P. G. (Ed.). **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**: Academic Press, vol. 1, p.207-259, 2004.
- HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Reducing Population Salt Intake Worldwide: From Evidence to Implementation. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 52, n. 5, p. 363-382. 2010.,
- HOFMEISTER, L. C., SOUZA, J. A. R., PETRUS, J. C. C., & LAURINDO, J. B. Salting of Minas cheese by vacuum impregnation. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 25, p. 487-494, 2005.

HORITA, C. N., MESSIAS, V. C., MORGANO, M. A., HAYAKAWA, F. M., POLLONIO, M. A. R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, n. 0, p. 29-35, 2014.

HOUGH, G. **Sensory Shelf Life Estimation of Food Products**. CRC Press, 2010.

HOUGH, G.; GARITTA, L.; SÁNCHEZ, R. Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 7-8, p. 729-734, 2004.

HOUGH, G., LANGOHR, K., GÓMEZ, G., CURIA, A. Survival Analysis Applied to Sensory Shelf Life of Foods. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 1, p. 359-362, 2003.

HYSTEAD, E.; DIEZ-GONZALEZ, F.; SCHOENFUSS, T. C. The effect of sodium reduction with and without potassium chloride on the survival of *Listeria monocytogenes* in Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 10, p. 6172-6185, 2013.

IMRAM, N. The role of visual cues in consumer perception and acceptance of a food product. **Nutrition & Food Science**, v. 99, n. 5, p. 224-230, 1999.

INSAWANG, T., SELMI, C., CHA'ON, U., PETHLERT, S., YONGVANIT, P., AREEJITRANUSORN, P., PRASONGWATTANA, V. Monosodium glutamate (MSG) intake is associated with the prevalence of metabolic syndrome in a rural Thai population. **Nutrition & Metabolism**, v. 9, p. 40-50, 2012.

IWASAKI, T., NOSHIROYA, K., SAITOH, N., OKANO, K., YAMAMOTO, K. Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty. **Food Chemistry**, v. 95, n. 3, p. 474-483, 2006.

JAEGER, S. R., BERESFORD, M. K., PAISLEY, A. G., ANTÚNEZ, L., VIDAL, L., CADENA, R. S., ... & ARES, G. Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. **Food Quality and Preference**, v. 42, p. 154-164, 2015.

JIMENEZ-MAROTO, L. A.; SATO, T.; RANKIN, S. A. Saltiness potentiation in white bread by substituting sodium chloride with a fermented soy ingredient. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 2, p. 313-317, 2013.

JOHNSON, M. E., KAPOOR, R., MCMAHON, D. J., MCCOY, D. R., & NARASIMMON, R. G. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 3, p. 252-268, 2009.

KALBFLEISCH, J. D.; PRENTICE, R. L. Failure Time Models. In: (Ed.). **The Statistical Analysis of Failure Time Data**: John Wiley & Sons, Inc. p.31-51, 2002.

KILCAST, D.; RIDDER, C. D.; ANGUS, F. Sensory issues in reducing salt in food products. **Reducing salt in foods: Practical strategies**, p. 201-220, 2007.

KLEIN, J. P.; MOESCHBERGER, M. L. **Survival Analysis: Techniques for Censored and Truncated Data**. Springer, 2003.

LABOISSIÈRE, L. H., DELIZA, R., BARROS-MARCELLINI, A. M., ROSENTHAL, A., CAMARGO, L. M., JUNQUEIRA, R. Food processing innovation: a case study with pressurized passion fruit juice. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 3, p. 108-123, 2007.

LIEM, D. G.; MIREMADI, F.; KEAST, R. Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. **Nutrients**, v. 3, n. 6, p. 694, 2011.

LILIC, S.; MATEKALO-SVERAK, V.; BOROVIĆ, B. Possibility of replacement of sodium chloride by potassium chloride in cooked sausages: Sensory characteristics and health aspects. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 24, n. 1-2, p. 133-138, 2008.

LOURENÇO NETO, J. P. M. **Queijos: Aspectos Tecnológicos**. 1ª. Juiz de Fora - MG: 2013.

LUCEY, J. A.; JOHNSON, M. E.; HORNE, D. S. Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 9, p. 2725-2743, 2003.

MACFIE, H. J., BRATCHELL, N., GREENHOFF, K., & VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MACRAE, R. **Food Science and Technology – A series of monographs: HPLC in food analysis**. 2ª. Academic Press Inc.(London). 1998.

MANOUKIAN, E. B. *Mathematical nonparametric statistics*. 1986.

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Y., ACOSTA-MUÑIZ, C., OLIVAS, G. I., GUERRERO-BELTRÁN, J., RODRIGO-ALIAGA, D., SEPÚLVEDA, D. R High Hydrostatic Pressure Processing of Cheese. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 4, p. 399-416, 2012.

MCGOUGH, M. M., SATO, T., RANKIN, S. A., SINDELAR, J. J. Reducing sodium levels in frankfurters using a natural flavor enhancer. **Meat Science**, v. 91, n. 2, p. 185-194, 2012.

MELILLI, C., BARBANO, D. M., LICITRA, G., TUMINO, G., FARINA, G., CARPINO, S. Influence of Presalting and Brine Concentration on Salt Uptake by Ragusano Cheese1. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 4, p. 1083-1100, 2003.

MOSHFEGH, A. J., HOLDEN, J. M., COGSWELL, M. E., KUKLINA, E. V., PATEL, S. M., GUNN, J. P., GALUSKA, D. A. Vital signs: Food categories contributing the most to sodium consumption-United States, 2007–2008. **MMWR Morb Mortal Wkly Rep**, v. 61, n. 5, p. 92-98, 2012.

MOZAFFARIAN, D., FAHIMI, S., SINGH, G. M., MICHA, R., KHATIBZADEH, S., ENGELL, R. E., POWLES, J. Global Sodium Consumption and Death from Cardiovascular Causes. **New England Journal of Medicine**, v. 371, n. 7, p. 624-634, 2014.

MURTAZA, M. A., HUMA, N., SAMEEN, A., MURTAZA, M. S., MAHMOOD, S., MUEEN-UD-DIN, G., MERAJ, A. Texture, flavor, and sensory quality of buffalo milk Cheddar cheese as influenced by reducing sodium salt content. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 11, p. 6700-6707, 2014.

NALDINI, M. C. M.; VIOTTO, W. H.; KUAYE, A. Y. Behaviour of *Listeria monocytogenes* inoculated into Minas Frescal cheese made by direct acidification or lactic culture during refrigerated storage. **International Journal of Dairy Technology**, v. 62, n. 3, p. 361-365, 2009.

MHURCHU, C. N., CAPELIN, C., DUNFORD, E. K., WEBSTER, J. L., NEAL, B. C., JEBB, S. A. Sodium content of processed foods in the United Kingdom: analysis of 44,000 foods purchased by 21,000 households. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 93, n. 3, p. 594-600, 2011.

NOORT, M. W. J.; BULT, J. H. F.; STIEGER, M. Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 2, p. 218-225, 2012.

NOORT, M. W., BULT, J. H., STIEGER, M., & HAMER, R. J. Saltiness enhancement in bread by inhomogeneous spatial distribution of sodium chloride. **Journal of Cereal Science**, v. 52, n. 3, p. 378-386, 2010.

O'FLYNN, C. C., CRUZ-ROMERO, M. C., TROY, D., MULLEN, A. M., KERRY, J. P. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1266-1274, 2014.

O'REILLY, C. E., KELLY, A. L., MURPHY, P. M., & BERESFORD, T. P. High pressure treatment: applications in cheese manufacture and ripening. **Trends in Food Science & Technology**, v. 12, n. 2, p. 51-59, 2001.

OLIVEIRA, J. S. D. Queijo: fundamentos tecnológicos. **Campinas: Ícone**, p. 21-38, 1986.

OZTURK, M., GOVINDASAMY-LUCEY, S., JAEGGI, J. J., JOHNSON, M. E., LUCEY, J. A. The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. **International Dairy Journal**, v. 33, n. 2, p. 175-183, 2013.

PARENTE, M. E.; MANZONI, A. V.; ARES, G. External preference mapping of commercial antiaging creams based on consumers' responses to a check-all-that-apply question. **Journal of Sensory Studies**, v. 26, n. 2, p. 158-166, 2011.

PAULSEN, M. T., NYS, A., KVARBERG, R., HERSLETH, M. Effects of NaCl substitution on the sensory properties of sausages: Temporal aspects. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 164-170, 2014.

PEARSE, M.; MACKINLAY, A. Biochemical aspects of syneresis: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 6, p. 1401-1407, 1989.

PICOUET, P. A., SALA, X., GARCIA-GIL, N., NOLIS, P., COLLEO, M., PARELLA, T., ARNAU, J. High pressure processing of dry-cured ham: Ultrastructural and molecular changes affecting sodium and water dynamics. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 16, n. 0, p. 335-340, 2012.

PIQUERAS-FISZMAN, B., ALCAIDE, J., ROURA, E., SPENCE, C. Is it the plate or is it the food? Assessing the influence of the color (black or white) and shape of the plate on the perception of the food placed on it. **Food Quality and Preference**, v. 24, n. 1, p. 205-208, 2012.

PLANZER JR, S. B., DA CRUZ, A. G., SILVA, R., MOURA, M. R. L., DE CARVALHO, L. M. J. Food safety knowledge of cheese consumers. **Journal of food science**, v. 74, n. 1, p. M28-M30, 2009.

POJEDINEC, S. L., SLIDER, S. D., KENNEY, P. B., HEAD, M. K., JITTINANDANA, S., HENNING, W. R. Carcass maturity and dicationic salts affect preblended, low-fat, low-sodium restructured beef. **Meat Science**, v. 88, n. 1, p. 122-127, 2011.

RIBEIRO, E. P.; SIMÕES, L. G.; JURKIEWICZ, C. H. Desenvolvimento de queijo minas frescal adicionado de *Lactobacillus acidophilus* produzido a partir de retentados de ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 19-23, 2009.

RITVANEN, T., LILLEBERG, L., TUPASELA, T., SUHONEN, U., EEROLA, S., PUTKONEN, T., & PELTONEN, K. The characterization of the most-liked reduced-fat Havarti-type cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 11, p. 5039-5047, 2010.

RODRIGUES, J. F., GONÇALVES, C. S., PEREIRA, R. C., CARNEIRO, J. D. D. S., PINHEIRO, A. C. M. Utilization of temporal dominance of sensations and time intensity methodology for development of low-sodium Mozzarella cheese using a mixture of salts. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 8, p. 4733-4744, 2014.

ROSENTHAL, A. **Tecnologia de alimentos e inovação: tendências e perspectivas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

RULIKOWSKA, A., KILCAWLEY, K. N., DOOLAN, I. A., ALONSO-GOMEZ, M., NONGONIERMA, A. B., HANNON, J. A., WILKINSON, M. G. The impact of reduced sodium chloride content on Cheddar cheese quality. **International Dairy Journal**, v. 28, n. 2, p. 45-55, 2013.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 531-541, 2005.

RUUSUNEN, M., VAINIONPÄÄ, J., LYLY, M., LÄHTEENMÄKI, L., NIEMISTÖ, M., AHVENAINEN, R., PUOLANNE, E. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. **Meat Science**, v. 69, n. 1, p. 53-60, 2005.

SAINT-EVE, A., LAUVERJAT, C., MAGNAN, C., DÉLÉRIS, I., SOUCHON, I. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 167-175, 2009.

SANT'ANA, A. M. S., BEZERRIL, F. F., MADRUGA, M. S., BATISTA, A. S. M., MAGNANI, M., SOUZA, E. L., QUEIROGA, R. C. R. E. Nutritional and sensory characteristics of Minas fresh cheese made with goat milk, cow milk, or a mixture of both. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 12, p. 7442-7453, 2013.

SERRA, X., SARRAGA, C., GREBOL, N., GUARDIA, M. D., GUERRERO, L., GOU, P., ARNAU, J. High pressure applied to frozen ham at different process stages. 1. Effect on the final physicochemical parameters and on the antioxidant and proteolytic enzyme activities of dry-cured ham. **Meat Science**, v. 75, n. 1, p. 12-20, 2007.

SIRRY, I.; SHIPE, W. Effect of Sodium Chloride on the Curd Tension of Rennet-Coagulated Milk. **Journal of Dairy Science**, v. 41, n. 1, p. 204-205, 1958.

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. S392-S397, 2008.

SPERONI, F.; SZERMAN, N.; VAUDAGNA, S. R. High hydrostatic pressure processing of beef patties: Effects of pressure level and sodium tripolyphosphate and sodium chloride concentrations on thermal and aggregative properties of proteins. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 23, n. 0, p. 10-17, 2014.

STIEGER, M. A., BULT, J. H. F., HAMER, R. J., NOORT, M. W. J. **Flour-based food product with inhomogeneous tastant bulk distribution and method for making such food product**: Google Patents 2009.

STRAZZULLO, P., CAIRELLA, G., CAMPANOZZI, A., CARCEA, M., GALEONE, D., GALLETTI, F. Population based strategy for dietary salt intake reduction: Italian initiatives in the European framework. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 22, n. 3, p. 161-166, 2012.

TIAN, X.; FISK, I. D. Salt release from potato crisps. **Food & Function**, v. 3, n. 4, p. 376-380, 2012.

TOLDRÁ, F.; REIG, M. Innovations for healthier processed meats. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 9, p. 517-522, 2011.

TRUJILLO, A. J., CAPELLAS, M., SALDO, J., GERVILLA, R., GUAMIS, B. Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 3, n. 4, p. 295-307, 2002.

VAN SLYKE, L. L.; VAN PRICE, W. **Cheese: A Treatise on the Manufacture of American Cheddar Cheese and Some Other Varieties-Intended as a Text-book for the Use of Dairy Teachers and Students in Classroom and Workroom-Prepared Also as a Handbook and Work of Reference for the Daily Use of Practical Cheese-makers in Cheese Factory Operations.** Orange Judd Publishing Company, 1949.

VERCAMMEN, A., VANOIRBEEK, K. G., LURQUIN, I., STEEN, L., GOEMAERE, O., SZCZEPANIAK, S., MICHIELS, C. W. Shelf-life extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 407-415, 2011.

VILLAMONTE, G., SIMONIN, H., DURANTON, F., CHÉRET, R., DE LAMBALLERIE, M. Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 18, n. 0, p. 15-23, 2013.

WALLIS, K.; CHAPMAN, S. **Current Innovations in Reducing Salt in Food Products.** Food and health innovation service. 2012.

WANG, C. Y., HUANG, H. W., HSU, C. P., YANG, B. B. Recent Advances in Food Processing Using High Hydrostatic Pressure Technology. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 10-20, 2015.

WEBSTER, J. L., DUNFORD, E. K., HAWKES, C., NEAL, B. C. Salt reduction initiatives around the world. **J Hypertens**, v. 29, n. 6, p. 1043-50, 2011.

WEI, S. T., OU, L. C., LUO, M. R., & HUTCHINGS, J. B. Optimisation of food expectations using product colour and appearance. **Food Quality and Preference**, v. 23, n. 1, p. 49-62, 2012.

WHO. **Review and updating of current WHO recommendations on salt/sodium and potassium consumption.** Geneva, Switzerland: World Health Organization 2011.

WU, H., ZHANG, Y., LONG, M., TANG, J., YU, X., WANG, J., ZHANG, J. Proteolysis and sensory properties of dry-cured bacon as affected by the partial substitution of sodium chloride with potassium chloride. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1325-1331, 2014.

WYNESS, L. A.; BUTRISS, J. L.; STANNER, S. A. Reducing the population's sodium intake: the UK Food Standards Agency's salt reduction programme. **Public Health Nutrition**, v. 15, n. 02, p. 254-261, 2012.

ZAMBERLIN, Š., ANTUNAC, N., HAVRANEK, J., SAMARŽIJA, D. Mineral elements in milk and dairy products. **Mljekarstvo**, v. 62, n. 2, p. 111, 2012.

ZAMORA, A., FERRAGUT, V., QUEVEDO, J. M., GUAMIS, B., TRUJILLO, A. J. Ultra-high pressure homogenisation of milk: technological aspects of cheese-making and microbial shelf life of a starter-free fresh cheese. **Journal of Dairy Research**, v. 79, n. 02, p. 168-175, 2012.

ZANARDI, E., GHIDINI, S., CONTER, M., IANIERI, A. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. **Meat Science**, v. 86, n. 3, p. 742-747, 2010.

CAPÍTULO IV

EFEITO DA ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E SENSORIAIS DE QUEIJO MINAS FRESCAL COM REDUÇÃO DE SÓDIO

Premiação (“menção honrosa”) no X Fórum da Pós Graduação da UFRRJ

EFEITO DA ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E SENSORIAIS DE QUEIJO MINAS FRESCAL COM REDUÇÃO DE SÓDIO

RESUMO

Técnicas alternativas de processamento de alimentos como a Alta Pressão hidrostática (APH) têm sido exploradas na obtenção de produtos com baixo teor de sódio. Este estudo objetivou avaliar o efeito combinado da pressurização (300, 400 e 500MPa / 5 min) e quantidade de sal (320, 224 e 128 g de NaCl) onde 320 g de NaCl foi equivalente ao teor de 1,6% de NaCl /volume de leite (teor este definido no Capítulo 3) sob as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais (percepção do gosto salgado) do queijo Minas Frescal. O delineamento experimental compreendeu um fatorial 2^2 com triplicata no ponto central. A fim de verificar se houve diferença entre as médias das variáveis respostas aplicou-se a ANOVA e o teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Diferenças significativas para as variáveis físico-químicas ($p \leq 0,05$), microbiológicas e sensoriais foram observadas. As variáveis de resposta físico-químicas mais influenciadas pelos tratamentos foram: teor de sódio, teor de cálcio, teor de NaCl, NaCl na umidade, DPPH, proteólise e atividade anti-hipertensiva. Maiores níveis de pressão e teores de NaCl resultaram em maior redução de contagem dos microrganismos analisados. Propriedades bioativas (anti-hipertensiva e atividade antioxidante) foram confirmadas através das análises realizadas. Com relação à análise sensorial, não houve aumento da percepção do gosto salgado para os tratamentos avaliados quando comparados controle.

Palavras-chave: sódio, redução, alta pressão, queijo.

ABSTRACT

Alternative techniques in food processing as high hydrostatic pressure (APH) have been explored in the production of products with low sodium content. This study aimed to evaluate the combined effect of pressurization (300, 400 and 500MPa/5 min) and salt levels (320, 224 e 128 g de NaCl) where 320 g de NaCl of NaCl is equivalent to 1.6% of NaCl w/v/ (this content was determined in Chapter 3) on physico-chemical, microbiological and sensory (perception of salty taste) characteristics of Minas Frescal cheese. The experimental design comprised a 2^2 factorial with triplicate in the central point. In order to verify if there were significant differences among the responses variables and their means, ANOVA and Tukey test were applied. Significant differences for the physical-chemical ($p \leq 0.05$) microbiological count and sensory analysis were observed. The physical-chemical variables more influenced by the treatments were: sodium content, calcium content, NaCl content, NaCl in moisture, DPPH, proteolysis and antihypertensive activity. Higher levels of pressure and salt content resulted in greater reduction in the number of micro-organisms evaluated. The existence of bioactive properties (antihypertensive activity and antioxidant activity) have been confirmed by the analyses performed. No increase in the perception of salty taste within the treatments evaluated resulted from the sensory analysis.

Keywords: sodium reduction, high pressure, cheese

1. INTRODUÇÃO

O aumento da incidência de doenças do coração e hipertensão está associado ao consumo excessivo de sódio (HE e MACGREGOR, 2010; WYNESS, BUTRISS e STANNER, 2012; CZARNACKA-SZYMANI e JEZEWSKA-ZYCHOWICZ, 2015). Nesse sentido, a produção de alimentos com redução do teor de sal tem sido alvo de um esforço conjunto envolvendo autoridades de saúde e indústrias alimentícias (FELICIO et al., 2013; DUGAT-BONY et al., 2016).

O queijo é uma fonte de peptídeos bioativos. Substâncias bioativas compreendem componentes alimentares, nutrientes ou não nutrientes, que possuem ação metabólica ou fisiológica específica (WALTHER et al., 2008). Estudos têm demonstrado uma relação benéfica dos produtos lácteos na pressão arterial, com destaque para componentes como cálcio e peptídeos bioativos. Relação inversa entre a ingestão equilibrada de minerais (potássio, cálcio e magnésio) e pressão arterial foi relatada em outros estudos (TREVISAN et al., 1988; MASSEY, 2001). Entre estes peptídeos, uma das funções mais interessantes e investigadas biologicamente é a enzima conversora de angiotensina (ECA) de efeito inibidor. (TORRUCO-UCO *et al.*, 2008). A enzima conversora de angiotensina (ECA) tem sido associada com o sistema renina-angiotensina, que regula a pressão sanguínea arterial. Ao inibir o efeito da ECA, estes peptídeos (tripeptídeos Valina-Prolina-Prolina e Isoleucina-Prolina-Prolina) têm influência positiva na hipertensão. Os mesmos estão entre os mais potentes do grupo de inibidores e estão codificados na β -caseína do leite. As proteinases da bactéria láctica *Lactobacillus helveticus* têm o potencial de liberar estes 2 peptídeos. Sendo a *L. helveticus* uma cepa comum utilizada no preparo de queijos considerando que durante a maturação acontece intensa proteólise, podem também ocorrer atividades inibidoras da ECA devido à formação de VPP e IPP (NAKAMURA et al., 1995; SAITO et al., 2000).

O cloreto de sódio desempenha um papel importante na produção de queijos, influenciando características sensoriais (sabor), atividade de água, crescimento de microrganismos, atividade enzimática, sinérese da coalhada, hidratação da rede de caseína, interação do cálcio e complexo para-caseinato (FERRÃO et al., 2016; DEJMEK e WALSTRA, 2004; GUINEE e FOX, 2004; JOHNSON et al., 2009). Embora já seja possível encontrar em alguns mercados produtos com redução de sódio, a produção desses itens com aceitação sensorial e desempenho tecnológico satisfatório ainda é um grande desafio (CRUZ et al., 2011).

Variações no teor de cloreto de sódio (NaCl) em alimentos podem influenciar o consumidor na aceitação do produto em razão de alterações no paladar (DRAKE, LOPETCHARAT e DRAKE, 2011), sabor ou textura (AYYASH, SHERKAT e SHAH, 2012; RULIKOWSKA et al., 2013), propriedades reológicas (GUINEE e FOX, 2004; SAINT-EVE et al., 2009), macroestrutura (presença de olhaduras, fissuras) e microestrutura (arranjo estrutural de seus componentes) (GUINEE et al., 2002; ALLEN FOEGEDING et al., 2003). Além disso, alterações no teor de NaCl, sua estrutura e composição das matrizes alimentícias influencia a maior liberação de íons sódios na boca e aumento da percepção do gosto salgado (BARRINGER, 2006; PHAN et al., 2008; SAINT-EVE et al., 2009; PANOUILLE et al., 2011). Acredita-se que a percepção do gosto salgado dá-se em função da solubilização do cloreto de sódio na saliva, tendo como consequência aumento da eficiência do mecanismo de percepção do gosto salgado (JENSEN et al., 2011). Devido à complexidade de mecanismos que ocorrem na boca durante a alimentação (mastigação, diluição, mistura e interação de alimentos com a saliva), poucos estudos (JACK, PIGGOTT e PATERSON, 1993; PHAN et al., 2008; SAINT-EVE et al., 2009) investigam a liberação de sal na boca.

Nos últimos anos, o consumo de queijo aumentou mundialmente. Neste contexto, o queijo tem contribuição decisiva no aumento da ingestão diária de sódio (DRAKE, LOPETCHARAT e DRAKE, 2011; FELICIO et al., 2013). Por isso, vários estudos têm sido realizados com o objetivo de encontrar alternativas que possibilitem manter as mesmas funcionalidades, porém com redução do sódio na sua formulação (NOORT et al., 2010). Dentre eles, o processamento de queijos com baixo teor de sódio (CRUZ et al., 2011; GOMES et al., 2011; GRUMMER et al., 2013; GANESAN et al., 2014) têm recebido bastante atenção.

Tecnologias alternativas como o uso da alta pressão em produtos lácteos processados no que diz respeito à qualidade sensorial e atributos tecnológicos já têm sido amplamente reportadas (TRUJILLO et al., 2000; HUPPERTZ, FOX e KELLY, 2004; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ et al., 2012; EVERT-ARRIAGADA et al., 2013; EVERT-ARRIAGADA et al., 2014; COSTABEL et al., 2016; JUAN et al., 2016). Estudos anteriores sobre a fabricação de queijos tratados por alta pressão têm-se centrado sobre as propriedades de coagulação, atividade enzimática, vida útil, características físico-químicas, sensoriais, reologia e estabilidade microbiológica.

Queijos feitos com leite pressurizado apresentaram melhora nas propriedades de coagulação do leite, diminuindo o tempo de coagulação e fornecendo mais firmeza ao gel (ZAMORA et al., 2012). Estudo conduzido por Trujillo et al. (2000) descreveu que o tratamento por alta pressão hidrostática a 450 e 500 MPa diminuiu a atividade da quimosina, enquanto pressão de 400 Mpa resultou apenas numa ligeira diminuição desta atividade. Queijos frescos tratados com níveis de pressão de 300 e 400 Mpa, durante 5 minutos, tiveram a sua vida de útil aumentada para 14 e 21 dias, respectivamente, quando comparados ao queijo controle (7 dias) (EVERT-ARRIAGADA et al., 2012). A inativação de microrganismos patogênicos em queijo fresco processado com leite de cabra, a partir do uso de alta pressão, combinando níveis de pressão de (400, 450 e 500 MPa), temperatura (2, 10, e 25°C) e tempo (5, 10, and 15 min), mostrou-se efetiva em estudos conduzidos por Capellas et al. (1996).

Outros estudos indicam que aplicação de alta pressão em queijos tem efeito sobre a atividade proteolítica, microrganismos, desenvolvimento de acidez e estrutura da proteína (MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ et al., 2012). Queijo fresco tratado por alta pressão (400 MPa, 20 min, 20 °C), em estudo conduzido por Sandra, Stanford e Goddik (2004), não teve suas características de textura e composição significativamente afetadas. No entanto, alterações na textura, propriedades de coagulação e características físico-químicas foram relatadas por Okpala, Piggott e Schaschke (2010) quando aplicada pressão de 291 MPa durante 29 min. Autores como Trujillo et al. (2002) já haviam relatado as potenciais modificações induzidas pela alta pressão em produtos lácteos. Porém, a possibilidade de contribuição positiva do uso da alta pressão hidrostática para desenvolvimento de alimentos com baixo/reduzido teor de sódio permanece praticamente inexplorada.

De fato, o tratamento por alta pressão altera a distribuição da água e sal na matriz alimentar (queijo), que pode ser explicada pela conversão da água livre em água ligada à proteína (MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ et al., 2012). A adição de sal aumenta a força iônica dos queijos, o que promove o aumento da solvatação das proteínas, alterando assim as interações proteicas. O aumento das interações proteína-água causa o relaxamento parcial da matriz proteica, que se torna menos hidratada. Como consequência imediata, a percepção do gosto salgado na matriz do queijo pode aumentar mesmo com uma quantidade menor de sal adicionado à formulação, em virtude de uma possível distribuição mais homogênea na matriz do produto. Tal como em produtos cárneos, o desenvolvimento de queijos com baixo/reduzido teor de sódio

utilizando alta pressão é um problema multifatorial, sendo fruto do sinergismo das condições operacionais usadas no processo de alta pressão (tempo, temperatura e nível de pressão), do tipo de queijo (fresco ou maturado), e da concentração de sal.

De acordo com Fulladosa et al. (2012), acredita-se que a APH seja capaz de aumentar a percepção do gosto salgado pela modificação da mobilidade iônica. Recente trabalho com queijo cheddar Ozturk et al. (2013), formulado com quatro níveis de sódio (regular, reduzido, baixo e nenhum, correspondente a 5,3, 2,5, 1,9 e 0,2% de cloreto de sódio) e tratado com pressão (405 MPa / 3 min), confirma isso. Queijos tratados e não tratados com o mesmo teor de cloreto de sódio apresentaram perfis sensoriais semelhantes com relação à acidez, gosto salgado e gosto amargo.

Neste sentido, o uso da alta pressão hidrostática, como técnica alternativa ao processamento convencional, tem potencial a ser explorado a fim de contribuir no processamento de queijos com menor teor de sódio (OZTURK et al., 2013; OZTURK et al., 2015). O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tratamento a 300, 400 e 500 MPa por 5 minutos sob as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de queijo Minas Frescal produzido com três teores de sal (320, 224 e 128 g de NaCl) (m/v) onde 320 g de NaCl equivale ao teor de 1,6% de NaCl /volume de leite, teor este definido no Capítulo 3.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Processamento do queijo Minas Frescal

O processamento do queijo foi realizado em duas etapas de forma sequencial. Na etapa I foi processado o queijo controle sem pressurização e com adição de 320 g NaCl e o queijo reduzido de sódio, com adição de 224 g NaCl e 128 g de NaCl. A escolha das proporções de NaCl foi baseada em trabalho prévio realizado no capítulo 2 e 3 desta tese. Na etapa II os queijos foram submetidos à alta pressão hidrostática (APH). Para cada tratamento foram utilizados 20 litros de leite pasteurizado integral (3,0% m/m de gordura) (Cooperativa Mista de Valença, Rio de Janeiro, Brazil), aquecidos a 37° C e adicionado de solução de cloreto de cálcio (marca Ricanata), 8 mL da solução a 40% (v/v), cloreto de sódio (100, 70 e 40 % p/v, marca ITA), 2 mL ácido láctico (marca Ricanata) 0,85% (v/v) e 16 mL coagulante (v/v) (marca CHR Hansen®, produzida por cepa de *Aspergillus niger var. awamori*). A coagulação do leite foi realizada a 37°C durante 45 min. Em seguida procedeu-se ao corte de forma lenta, obtendo-se cubos de 1,5 cm de lado aproximadamente, sendo deixado em repouso por 3 minutos. Realizou-se a mexedura da massa durante 20 minutos, de forma lenta e suave, de maneira a proporcionar a retração do coágulo e a expulsão parcial do soro. Prosseguindo, a massa do queijo foi vertida em formas de polipropileno de 250 g para drenagem. Após os primeiros 60 minutos, foi realizada a primeira viragem, repetindo-se o processo por pelo menos mais três vezes, em intervalos regulares de 30 minutos. Em seguida, os queijos foram acondicionados em embalagens plásticas estéreis (Nasco WHILPACK®) com 40g cada, embaladas a vácuo e armazenados sob refrigeração a 5° C, até a realização das análises. Os tratamentos resultantes da combinação de pressão e quantidade de NaCl foram: (320 g NaCl), (300 MPa / 128 g de NaCl), (500 MPa / 128 g de NaCl), (300 MPa / 320 g de NaCl), (500 MPa / 320 g de NaCl), (400 MPa / 224 g de NaCl).

2.2. Alta pressão hidrostática

Após a produção do queijo Minas Frescal, os mesmos foram pressurizados no

equipamento de alta pressão hidrostática (marca *Stansted Fluid Power* e modelo S-FL-850-9-W), com níveis de pressões: 300, 400 e 500 MPa, por tempo de 5 min e temperatura ambiente (TRUJILLO et al., 2000; EVERT-ARRIAGADA et al., 2012).

Para compreender os efeitos da APH é necessário conhecer dois princípios básicos: o princípio de *Lê Châtelier* e o princípio da pressão isostática. O primeiro é aquele no qual, qualquer fenômeno, transição de fase, mudança de conformação molecular ou reação química vem acompanhado por uma redução de volume e é favorecida pelo aumento de pressão, e vice-versa. O segundo indica que a pressão é transmitida de uma forma uniforme e quase instantânea, através da amostra que está sendo submetida a este processo (BARBOSACÁNOVAS e RODRÍGUEZ, 2002). O sistema de APH (conforme Figura 1) consiste de vaso de pressão, gerador de pressão, fluido condutor de pressão, dispositivo de controle de temperatura e recipiente para condicionamento do produto (CALDERÓN-MIRANDA et al., 1998).



Figura 1. Equipamento APH (*Stansted Fluid Power*).

2.3. Análises físico-químicas

A composição centesimal (umidade, cinzas, proteína e lipídeos) foi determinada utilizando as metodologias oficiais (BRASIL, 2006). A determinação da umidade foi realizada por secagem de 2 g da amostra a 70° C, durante 4 h em estufa a vácuo (AOAC, 2010); teor de gordura foi quantificado pelo método de Gerber; e proteína de acordo com Kjeldahl, multiplicando-se o conteúdo de nitrogênio pelo fator 6,38 (BRASIL, 2006). Para as medições de pH, foi utilizado um medidor digital inserindo-se o eletrodo diretamente nas amostras, a acidez foi determinada por titulação, sendo expressa em g/100g de ácido láctico (AOAC, 2010). Lactose foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), de acordo com (MACRAE, 1998), e a quantificação dos elementos (sódio e cálcio) pela técnica de espectrometria de emissão ótica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). A determinação dos teores de NaCl foi feita segundo IDF (1988) e os teores de NaCl na umidade dos queijos foram determinados pela fórmula: $\text{NaCl} / (\text{NaCl} + \text{umidade}) \times 100$.

2.4. Análise instrumental de cor

A cor foi medida no primeiro dias após o processamento, por refletância com colorímetro ColorQuest XE (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, Virginia, EUA). A escala utilizada foi o sistema CIELAB e CIELCh (L^* , a^* e b^*), com abertura de 0,375 mm de diâmetro, iluminante D^{65} (luz do dia padrão) e ângulo 10° . As amostras foram dispostas em cubeta de Quartzo de 10 mm para a realização do teste. Os parâmetros medidos: luminosidade (L^*), na escala de 0 (preto) a 100 (branco); a^* , na escala de verde (-80 até 0) a vermelho (0 até +100); e b^* na escala de azul (-100 até 0) a amarelo (0 até +70).

Com os valores a^* e b^* foram calculados o ângulo hue (Equação 1), que define a tonalidade de cor, e Chroma (Equação 2), que define a intensidade ou saturação da cor. O ângulo hue (h°) mostra a localização da cor em um diagrama tridimensional, onde o ângulo 0° representa o vermelho puro, 90° representa o amarelo puro, 180° o verde puro e 270° o azul (MCGUIRE, 1992). O chroma (C^*) define a intensidade ou saturação de cor, sendo definido pela distância do ângulo hue no centro do diagrama tridimensional. Valores próximos a zero são indicativos de cores neutras (branco e/ou cinza) e valores ao redor de 60 indicam cores vívidas e/ou intensas (FERNANDES et al., 2010).

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

As medições foram realizadas quatro vezes em diferentes pontos da superfície do queijo, com o aparelho previamente calibrado, com a reflexão especular excluída, e usando placas da referência.

2.5. Determinação de proteólise, atividade antioxidante e atividade inibidora da enzima conversora de agiotensina (ECA)

O nível de proteólise das amostras foi avaliado com base no método descrito por Pereira et al. (2016). Uma porção de 5 g de cada tratamento foi misturada com 10 mL de 0,75% (p / v) ácido tricloroacético (TCA - Synth, Diadema, Brasil) e filtrada usando papel de filtro qualitativo (Whatman, Inglaterra). O filtrado (150 mL) foi em seguida misturado com 3 ml de reagente o-fitaldialdeído (OPA) e deixado à temperatura ambiente ($\approx 20^\circ$ C) durante 2 min. A absorvância da solução foi medida em espectrofotômetro (Beckman, modelo DU-70) a 340 nm.

A determinação da atividade antioxidante foi feita por meio da atividade sequestrante do radical DPPH realizada de acordo com método colorimétrico descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Este método tem como base a redução da absorvância na região visível de comprimento de onda a 517 nm do radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) por antioxidantes. Inicialmente, $60 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ de solução de DPPH ($394,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) foi preparado para dissolver 2,4 mg do radical DPPH em álcool etílico num balão volumétrico de 100 mL. Em seguida, a solução foi homogeneizada e transferido para um balão volumétrico âmbar para evitar a degradação pela luz. A partir da solução inicial de DPPH, uma solução padrão de DPPH foi preparada em tubos de ensaio com concentrações de 10, 20, 30, 40, 50, e $60 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Soluções de 1 mg mL^{-1} foram preparadas a partir das amostras de queijo. A porcentagem de atividade antioxidante (%AA) foi determinada pela equação (3):

$$\%AA = \left[\frac{Abs_{controle} - (Abs_{amostra} - Abs_{branco})}{Abs_{controle}} \right] \times 100 \quad (3)$$

Onde: $Abs_{controle}$: é a absorvância inicial de DPPH em solução de etanol

$Abs_{amostra}$ é a absorvância da mistura (DPPH + amostra)

Abs_{branco} é a absorvância de etanol puro

Para determinação de atividade anti-hipertensiva (ECA) foram pesados 10 g de queijo, aos quais se adicionou 10 mL de água. Homogeneizou-se longamente e centrifugou-se a 4000 x g a 4°C por 20 min. A fração aquosa (localizada entre o corpo de chão e a fração apolar) foi filtrada com auxílio de seringa e filtro (Whatman nr 41). O extrato foi mais uma vez centrifugado a 4000 x g a 4°C por 20 min, para obtenção de um sobrenadante claro. O sobrenadante foi armazenado em tubo falcon a uma temperatura de -26°C. Solução tampão borato 0,1 mol/L pH 8,3, solução de NaCl 0,3 mol/L em tampão borato 0,1 mol/L pH 8,3 foram devidamente preparadas. Em seguida 30 µl de amostra foram misturados com 200 µl da solução 1 e 60 µl da solução 2. A mistura foi incubada a temperatura de 37°C por 10 minutos. Após isso, foram adicionados 20 µl da solução da enzima, e manteve-se a incubação por mais 30 minutos. Assim, a reação foi terminada com a adição de 250 µl de solução de HCl 1,0 mol/L.

O produto da reação foi extraído com a adição de 1,7 mL de acetato de etila, seguido de repouso por 10 minutos. Posteriormente, 1,2 mL da camada de acetato de etila foram extraídos e transferidos para outro recipiente, o qual foi submetido ao aquecimento em banho maria, até o solvente secar. Ao produto seco foi adicionado 1 mL de água deionizada. A absorvância da solução foi determinada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 228 nm. A porcentagem de inibição foi determinada pela fórmula:

$$\text{Inibição da ECA} = \{ 1 - [(C - D)/(A - B)] \} * 100 \quad (4)$$

Onde,

A = absorvância na presença da ECA sem a amostra;

B = absorvância sem a ECA e sem a amostra;

C = absorvância com a ECA e com a amostra;

D = absorvância sem a ECA e com a amostra.

2.6. Perfil de ácidos graxos

Para a extração lipídica, 0,150 g de queijo foram pesados em tubos Falcon de 50mL em balança analítica (*Marte*, AY220) e adicionados a 50µL de padrão interno, ácido heptadecanóico, 4 mL de metanol, 2 mL de clorofórmio, com uma ponta de espátula de BHT, para assim proceder extração líquido-líquido com forte agitação manual, por 3 minutos. Depois desta etapa, foram adicionados mais 2 mL de clorofórmio e 2 mL de água destilada e agitou-se por mais 20 segundos. Após as 2 extrações líquido-líquido foi realizada centrifugação (Centrífuga *Thermo Scientific SVT 40R*) por 15 minutos a 10000 rpm. Após a centrifugação, foi recolhida a fração apolar composta pelos analitos e aproximadamente 4mL do clorofórmio adicionado em tubos de ensaio 13x100mm rosqueáveis. Em seguida, o extrato foi evaporado em sistema de concentração por arraste de nitrogênio (Concentrador *Turbovap Zymark*) a 50°C, 10 psi por 20 minutos, até a secagem do solvente. A etapa de derivatização dos ácidos graxos foi realizada com adição de 6 mL de HCl 10% em metanol e a mistura foi colocada em

banho maria a 60 °C por 20 minutos. Fez-se cessar a reação em banho de gelo por 1 minutos e logo após adicionou-se 1mL de água e 1mL de hexano para terceira extração líquido-líquido, agitando-se por 1 minuto. Formaram-se duas fases, onde a camada apolar superior foi transferida para vials de 2mL.

A análise de identificação e quantificação dos ácidos graxos foi feita a partir de cromatografia gasosa CG-EM (*Agilent Technologies*, 7890A-5975C), como amostrador do tipo CTC PAL (Sampler 120, *Agilent Technologies*) tendo as seguintes condições cromatográficas: volume de injeção de 1µL, razão da divisão de fluxo da fase móvel no injetor 1:100, temperatura do injetor – 280 °C; fluxo da fase móvel: 0,4mL min⁻¹, velocidade linear da fase móvel 28,50cm seg⁻¹; programação do forno cromatográfico – 70 °C por 0,1 minutos, com rampa de temperatura - 45°C min⁻¹ até 115°C, seguido de nova rampa a 40°C min⁻¹ até 175°C e, por fim, 30°C min⁻¹ até 250°C, retendo por 7,9 minutos; coluna – VF-WAXms 20m x 0,10mm, 0,10 µm e detector – EM (espectrômetro de massas) com intervalo de massa 50-400 m/z. A composição das amostras foi determinada por comparação dos tempos de retenção dos picos cromatográficos com mix padrão de ácidos graxos (Sigma FAME 37 18919-1AMP) e dos espectros de massas das amostras com a biblioteca de espectros NIST 11. A quantificação dos ácidos seguiu a ISO 5508:1990, a partir da integração dos sinais do íon 74m/z e procedendo normalização de área a partir do sinal referente ao ácido heptadecanóico.

2.7. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas realizadas no queijo Minas Frescal controle e pressurizados foram baseadas no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA, 2001). Para preparar a suspensão inicial, pesou-se 25 gramas de amostra de cada tratamento e do controle em sacos de *stomacher* e adicionou-se 225 mL de diluente água peptonada a 0,1% estéril a cada um. Em seguida, a suspensão foi homogeneizada em *stomacher* por 60 segundos. A partir desta suspensão, foram feitas sucessivas diluições decimais, tantas quanto necessárias para cada análise. Para contagem de bactérias mesófilas totais transferiu-se 1 mL de cada diluição (até 10⁻⁸), em duplicata, para placas de Petri estéril. Em seguida, adicionou-se aproximadamente 20 mL de ágar padrão para contagem (MicroMed) e incubou-se em estufa a 36°C/48 horas. Para contagem de bolores e leveduras adicionou-se aproximadamente 20 mL de ágar batata dextrose (MicroMed) acidificado até pH 3,5 com ácido tartárico (Vetec) estéril, sendo as placas incubadas a 30°C/5 dias. Para contagem de bactérias psicrotólicas, transferiu-se 1 mL de cada diluição (até 10⁻⁶), em duplicata, para placas de Petri estéreis. Em seguida, adicionou-se aproximadamente 20 mL de ágar padrão para contagem (MicroMed) e foram incubadas a 7°C/10 dias. Coliformes a 35 e 45°C foram analisados pela técnica de tubos múltiplos (NMP/g). Para isso, inoculou-se série de três tubos transferindo 1 mL das diluições (até 10⁻⁴) para cada tubo e, em seguida, os tubos foram incubados a 36°C/48 horas. Estafilococos coagulase positiva e negativa foram analisados através da inoculação, em duplicata, de alíquotas de 0,1 mL (até diluição 10⁻²) sobre a superfície do ágar Baird Parker (Himedia). As placas foram incubadas a 36°C/48 horas. *Bacillus cereus* foi analisado através da inoculação, em duplicata, de alíquotas de 0,1 mL (até diluição 10⁻²) sobre a superfície do ágar MYP (Mannitol yolk polymixin) segundo Mossel (MicroMed). As placas foram incubadas a 30°C/48 horas. Clostrídio sulfito redutor a 46°C foi analisado através da inoculação, em duplicata, de alíquotas de 1 mL (até diluição 10⁻²) por profundidade em ágar Sulfito Polimixina Sulfadiazina (Himedia) e incubou-se a 46°C/48h sob

anaerobiose. Para análise de *Salmonella* sp, pesou-se 25g das amostras em um saco de *stomacher* e adicionou-se 225 mL de água peptonada tamponada (Himedia), e incubou-se a 36°C por 24 horas.

2.8. Análise sensorial

2.8.1 Teste de Diferença – Comparação múltipla

O teste de comparação múltipla foi aplicado para avaliar se havia diferença entre as amostras e o tratamento controle. Para a realização do teste, treze provadores selecionados e treinados para o gosto salgado receberam uma amostra controle (320 g de NaCl), especificada com a letra C e mais sete amostras de queijo Minas Frescal pressurizado com diferentes quantidades de cloreto de sódio (NaCl): (300 MPa / 128 g de NaCl), (500 MPa / 128 g de NaCl), (300 MPa / 320 g de NaCl), (500 MPa / 320 g de NaCl), (400 MPa / 224 g de NaCl).

Aos provadores foi solicitado que provassem inicialmente a amostra controle (C) e posteriormente as demais amostras codificadas, comparando-as ao controle em relação ao gosto salgado, respondendo de acordo com a escala em que: 1 equivalia a “extremamente menos salgado que C”, 5 equivalia a “salgado igual a C”, e 9 a “extremamente mais salgado que C”. O teste foi realizado em duplicata, totalizando um número de julgamentos igual a 26. As amostras foram codificadas com números aleatórios, entregues simultaneamente e a ordem de apresentação foi balanceada. A interpretação do resultado foi realizada por meio da análise de variância e teste de média Dunnett bilateral.

2.9. Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado um planejamento fatorial 2² com triplicata no ponto central (Box Behnken), utilizando um efeito combinado dos fatores: pressão e quantidade de NaCl. A fim de verificar se houve diferença significativa entre os resultados aplicou-se a ANOVA e entre as médias das variáveis de resposta o teste de Tukey ao nível de 5% de significância. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi usada para agrupar as variáveis físico-químicas em função da similaridade. A ACP foi realizada nos dados padronizados para evitar o efeito dos diferentes níveis de grandeza das variáveis de resposta. A padronização dos dados de cada variável de resposta foi feita mediante a subtração de cada valor pela sua média dividida pelo erro padrão. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, USA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição físico-química do queijo

A Tabela 1 mostra as médias obtidas nas composições físico-químicas dos queijos controle e pressurizados no experimento realizado. Foram observadas diferenças significativas para todas as variáveis ($p \leq 0,05$) com exceção de gordura e lactose.

Tabela 1. Composição centesimal, pH, acidez total do queijo Minas frescal controle e pressurizados.

Composição*	320 g NaCl	300 MPa / 128 g de NaCl	500 MPa / 128 g de NaCl	300 MPa / 320 g de NaCl	500 MPa / 320 g de NaCl	400 MPa / 224 g de NaCl	400 MPa / 224 g de NaCl	400 MPa / 224 g de NaCl
<i>Umidade (g/100g)</i>	60,31 ^b ±1,13	59,34 ^b ±1,08	64,07 ^a ±0,36	59,50 ^b ±0,21	55,13 ^d ±0,32	58,88 ^{bc} ±0,41	57,59 ^{bc} ±1,38	59,81 ^b ±0,76
<i>Resíduo Mineral Fixo (g/100g)</i>	2,41 ^b ±0,03	1,96 ^d ±0,01	1,93 ^d ±0,01	2,58 ^a ±0,03	2,62 ^a ±0,01	2,38 ^b ±0,03	2,43 ^b ±0,06	2,34 ^b ±0,01
<i>Proteína (g/100g)</i>	9,37 ^d ±0,11	11,83 ^c ±0,59	12,28 ^c ±0,74	12,81 ^{bc} ±0,71	13,18 ^{bc} ±0,16	13,24 ^{bc} ±0,09	13,73 ^{ab} ±0,03	12,05 ^{bc} ±0,72
<i>Gordura (g/100g)</i>	16,34 ^b ±0,30	16,12 ^{ab} ±0,22	13,86 ^b ±0,31	16,67 ^{ab} ±1,25	15,96 ^b ±0,41	14,22 ^b ±0,81	14,11 ^b ±0,09	13,62 ^b ±0,30
<i>pH</i>	6,43 ^c ±0,02	6,85 ^{ab} ±0,01	6,88 ^a ±0,01	6,54 ^d ±0,02	6,77 ^c ±0,01	6,67 ^{bc} ±0,03	6,83 ^b ±0,01	6,82 ^b ±0,01
<i>Acidez total (ac. Láctico) (g/100g)</i>	0,18 ^a ±0,01	0,10 ^{cde} ±0,01	0,08 ^f ±0,02	0,12 ^b ±0,01	0,10 ^{cd} ±0,01	0,11 ^c ±0,02	0,09 ^{de} ±0,01	0,09 ^{ef} ±0,01
<i>Lactose (g/100g)</i>	3,56 ^a ±0,41	3,57 ^a ±0,07	3,73 ^a ±0,14	3,22 ^a ±0,08	3,32 ^a ±0,20	3,19 ^a ±0,09	3,47 ^a ±0,21	3,44 ^a ±0,08
<i>Cálcio (mg/100g)</i>	326,54 ^c ±27,15	422,80 ^b ±10,36	450,74 ^{ab} ±8,14	397,87 ^b ±29,95	430,71 ^a ±10,14	413,64 ^b ±2,96	413,36 ^b ±18,85	399,01 ^b ±24,41
<i>Sódio (mg/100g)</i>	487,45 ^a ±7,27	234,56 ^c ±2,8	179,72 ^f ±1,53	405,60 ^c ±3,50	461,70 ^b ±6,37	371,29 ^d ±12,15	363,84 ^d ±7,91	357,87 ^d ±8,53
<i>NaCl(g/100g)</i>	1,42 ^a ±0,04	0,60 ^d ±0,02	0,47 ^d ±0,04	0,89 ^c ±0,06	1,13 ^b ±0,05	0,93 ^c ±0,03	0,88 ^c ±0,13	0,91 ^c ±0,04
<i>NaCl/U (%)</i>	2,31 ^a ±0,08	1,01 ^c ±0,01	0,72 ^c ±0,06	1,47 ^b ±0,10	2,01 ^a ±0,09	1,56 ^b ±0,05	1,53 ^b ±0,25	1,42 ^b ±0,05

Legenda: *NaCl/U: sal na umidade; *Médias seguidas da mesma letra na horizontal não apresentam diferença significativa (p < 0,05) pelo teste de Tukey.

Em geral, a alta pressão afetou o teor de umidade em queijos. 500MPa/128 g de NaCl e 500MPa/320 g de NaCl foram os queijos que obtiveram os maiores e menores valores de umidade de 64,07 e 55,13 g/100g, respectivamente, havendo diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos e o controle. Este maior teor de umidade para o tratamento 500MPa/128 g de NaCl é consistente com o relato de outros autores (TRUJILLO et al., 2000; OKPALA, PIGGOTT e SCHASCHKE, 2010). Estes autores relataram que o tratamento de alta pressão induz alterações na rede proteica do queijo que pode levar à alteração de estrutura e, portanto, permitir uma melhor hidratação proteica e retenção de água nos queijos. Ainda de acordo com Needs et al. (2000), pressões na faixa de 200 a 400 MPa não apresentam efeito significativo sobre a dessora da massa. No entanto, quando aplicadas em torno de 600 MPa, causam a diminuição deste fenômeno, possivelmente devido à formação de uma rede de gel mais fina e à maior inclusão de proteínas do soro ao coágulo.

Em relação às RMF, os queijos analisados apresentaram teor médio de 2,33 g/100g. Maiores quantidades de cloreto de sódio no queijo resultaram em maiores teores de cinza ($p > 0,05$) de 1,96 e 2,58 g/100g para 300MPa/128 g de NaCl e 300MPa/320 g de NaCl, respectivamente, assim como para os tratamentos 500MPa/128 g NaCl e 500MPa/320 g NaCl, com valores de 1,93 e 2,62 g/100g, respectivamente. De acordo com Oliveira (1986), Lourenço Neto (2013) e Cruz et al. (2016), o teor de cloreto de sódio pode influenciar o teor de cinzas.

O efeito da alta pressão hidrostática sobre a desnaturação das proteínas tem sido relatado. O teor de proteína variou de 9,37 a 13,73 g/100g. Queijos pressurizados apresentaram aumento no teor de proteínas quando comparados ao controle ($p \leq 0,05$), no entanto não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). Provavelmente este aumento no teor de proteínas seja decorrente da maior incorporação das proteínas do soro (α -lactoalbumina e a albumina de soro bovino (BSA) ao coágulo, já que as mesmas são estáveis a pressões iguais ou até superiores a 400 – 500 MPa (DE MORAIS, DA ROCHA FERREIRA e ROSENTHAL, 2014). Estes resultados contrariam aqueles encontrados por Evert-Arriagada et al. (2012), que relataram que os níveis de 300 e 400 MPa não exerceram efeito sobre os teores de proteína e gordura no queijo fresco, comparados ao controle. Trabalho conduzido por Okapla, Piggott e Shchaschke (2010) corroboram os resultados encontrados neste experimento, contudo os teores de proteína para os queijos pressurizados diminuíram quando comparados ao controle.

O pH é um bom indicador da qualidade de um queijo. O valor médio para os queijos pressurizados foi 6,77. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos pressurizados e controle. A aplicação da pressão não afetou de forma significativa os valores de pH nos queijos. Um diminuição no pH dos queijos pressurizados foi observado com o aumento da quantidade de NaCl para os tratamentos (300 MPa / 128 g de NaCl) e (300 MPa / 320 g de NaCl), como para (500 MPa / 128 g de NaCl) e (500 MPa / 320 g de NaCl), provavelmente por que o aumento da força iônica devido à adição de sal aumentou a solubilidade de íons como cálcio e magnésio. Queijos com maior adição de sal têm maior probabilidade de perdas de minerais durante a dessoragem da massa (CRUZ et al., 2016). Silva et al. (2003) encontrou em queijo Minas Frescal valores de pH variando de 5,0 a 6,2. Nos estudos de Rosa (2004) foi relatado valor médio de 6,7 para este tipo de queijo. Estudos relatam aumento do pH em queijos pressurizados durante a maturação (JUAN et al., 2007; RYNNE et al., 2008; VOIGT et

al., 2010). A Acidez apresentou valores variando de 0,09 a 0,18 g/100g, tendo havido diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos pressurizados e o controle. Aumento de acidez está diretamente relacionado com aumento de microrganismos (mesófilos, psicotróficos e bactérias lácticas) (WOLFSCHOON-POMBO; LIMA, 1989). Para os queijos em estudo, os tratamentos pressurizados apresentaram estabilização na acidez provavelmente em função do efeito combinado da alta pressão e teor de cloreto de sódio sobre o crescimento destes microrganismos (ARRIAGADA et al., 2014; DARYAEI et al., 2008).

O cálcio é um dos macroelementos presentes em maior quantidade no leite. Tem importância nutricional e tecnológica fundamental na fabricação de queijos, pois influencia a conformação e estabilidade proteica (caseína) (PIMENTEL et al., 2016). Queijos tratados com pressurização apresentaram níveis de cálcio com diferenças significativas comparados ao controle ($p > 0,05$). Tratamentos pressurizados com menor quantidade de NaCl (128 g) retiveram mais cálcio quando comparados ao controle (QC). O aumento do nível de cálcio (Ca^{+2}) livre e a perda de cálcio da micela não ocorre exclusivamente pela dissociação das micelas causada pela pressurização. Alta pressão também causa o rompimento das interações iônicas e hidrofóbicas com a perda de fragmentos da micela e de fosfato de cálcio micelar (CRUZ et al., 2016). A que se considerar que a redução de sódio diminui a dissolução de cálcio a partir da matriz para-caseína com efeito direto sobre o nível de cálcio coloidal, resultando em melhor retenção do cálcio na matriz do queijo (GUINEE, 2004).

Sódio está presente no leite na forma de íons, mas sua adição em queijos torna este produto uma boa fonte deste mineral. No que diz respeito aos níveis de sódio do queijo, os valores variaram de 487,45 mg/100g para o queijo controle a 179,72 mg/100g para 500MP/128 g de NaCl.

Como era de se esperar houve diferença significativa ($p > 0,05$) para sódio, NaCl e sal na umidade entre os tratamentos com diferentes concentrações de cloreto de sódio e quando comparados ao controle. Queijos pressurizados apresentaram teor médio de NaCl entre 0,47 e 1,13%. Essa diferença pode ser explicada consequentemente pela variação do teor de umidade, uma vez que o teor de umidade do queijo é um dos requisitos básicos para a variação no teor de NaCl (TAVEIRA, 2013).

A relação percentual de teores de NaCl na amostra e deste mais umidade determinam o teor de NaCl na umidade em queijos. Os níveis encontrados de NaCl na umidade dos queijos analisados variaram de 0,72% a 2,31%. Sua relação serve para padronizar o teor de NaCl em queijos e tem acentuada influência sobre o índice de proteólise no queijo (MINUSSI, 1994). Pressão maior afetou significativamente ($p > 0,05$) o tratamento 500MPa/320 g de NaCl quando comparado a 300MPa/320 g de NaCl. Como relatado anteriormente alta pressão melhora a retenção de água em queijos, havendo menor sinérese menos sal é eliminado.

3.2. Análise instrumental de cor

Os valores médios dos parâmetros de cor das amostras do queijo controle e pressurizado são apresentados na Tabela 02. Todas as amostras diferiram entre si ($p < 0,05$) em todas as variáveis avaliadas, com exceção do parâmetro a^* .

Tabela 2. Médias das determinações instrumentais de cor nas amostras de queijo Minas Frescal pressurizado e controle

Tratamentos	Variáveis (coordenadas cromáticas)				
	L*	a*	b*	C*	h°
320 g de NaCl	93,83 ^a ±0,55	0,78 ^{bc} ±0,10	14,56 ^d ±0,91	14,58 ^d ±0,91	86,93 ^d ±0,21
300MPa/128 g NaCl	93,78 ^{ab} ±0,18	0,64 ^c ±0,01	15,50 ^{cd} ±0,55	15,51 ^{cd} ±0,55	88,14 ^a ±0,08
500MPa/128 g NaCl	93,69 ^{ab} ±0,25	0,66 ^c ±0,05	15,64 ^{cd} ±0,47	15,66 ^{cd} ±0,47	87,56 ^b ±0,10
300MPa/320 g NaCl	91,91 ^c ±0,19	0,79 ^{bc} ±0,04	18,84 ^a ±0,14	18,88 ^a ±0,14	86,47 ^c ±0,10
500MPa/320 g NaCl	93,25 ^{ab} ±0,11	0,76 ^{bc} ±0,02	17,01 ^b ±0,55	17,03 ^b ±0,55	87,41 ^{bc} ±0,08
400MPa/224 g NaCl	93,50 ^a ±0,08	0,83 ^{bc} ±0,03	17,02 ^b ±0,17	17,04 ^{bc} ±0,17	87,20 ^{cd} ±0,11
400MPa/224 g NaCl	93,56 ^{ab} ±0,17	0,77 ^{bc} ±0,03	16,01 ^{bc} ±0,47	16,02 ^{bc} ±0,47	87,24 ^c ±0,11
400MPa/224 g NaCl	93,82 ^a ±0,17	0,68 ^c ±0,06	15,57 ^{cd} ±0,84	15,58 ^{cd} ±0,84	87,48 ^{bc} ±0,11

Legenda: L*= Luminosidade (h°); a*= Coordenada cromática do vermelho para o verde; b*= Coordenada cromática do azul para o amarelo; C*= Chroma; h° = ângulo Hue; *Médias seguidas da mesma letra na vertical não apresentam diferença significativa (p > 0,05) pelo teste de Tukey.

O parâmetro L* indica a luminosidade e se refere à capacidade do objeto em refletir ou transmitir luz, variando numa escala de zero (preto) a 100 (branco). Os valores de L* variaram de 91,91 a 93,83. A aplicação de 300 MPa resultou (p<0,05) em diminuição de luminosidade para o tratamento 300MPa/320 g de NaCl quando comparado a 300MPa/128 g de NaCl e ao controle. Provavelmente a alta pressão promoveu uma maior hidratação da proteína, o que diminuiu o número de gotículas no meio, reduzindo a dispersão da luz. Floury et al. (2009) afirmaram que proteínas do queijo não só interagem entre si, mas também com água, gordura e sal. As intensidades destas interações dependem da força iônica do meio e das condições de processamento e devem influir na estrutura do queijo e da inserção da água na sua matriz, influenciando também na luminosidade. De acordo com Fennema (1992) a cor branca em queijos resulta da dispersão da luz refletida pelos glóbulos de gordura e pelas partículas coloidais de caseína e de fosfato de cálcio.

O valor de b* positivo, que representa a intensidade de cor amarela, também variou entre as amostras. Queijos pressurizados tenderam a ser mais amarelos que o queijo controle. O uso da APH, independentemente da quantidade de NaCl, aumentou os valores de b* para todos os tratamentos. Houve diferença significativa (p<0,05) entre os tratamentos 300MPa/320 g de NaCl e 500MPa/320 g de NaCl e quando comparados ao controle. Estes resultados concordam com os relatados por Capellas et al. (2001) para queijos processados com leite de cabra tratados a 500MPa por 5 e 30 minutos. Da mesma forma, Juan et al. (2008) observaram que as mudanças produzidas pela alta pressão em proteínas da matriz poderia explicar as diferenças de cor obtidas em queijos de leite de ovelha tratados a 300 MPa durante 10 minutos. Ainda de acordo com Saldo, Sendra e Guamis (2002), alterações na cor do queijo devem estar relacionadas com alterações na microestrutura após a pressurização.

Os valores do ângulo Hue (h°) variaram de 86,93 a 88,14. Houve diferença significativa para os tratamentos 300MPa/128 g de NaCl, 500MPa/ 128 g de NaCl e 300MPa/320 g de NaCl comparados ao controle. De acordo com o sistema CIELAB, se o ângulo estiver entre 0° e 90°, quanto maior for seu valor mais amarelo será o queijo. Pela proximidade do ângulo do matiz (h°) a 90° considera-se que a cor predominante dos queijos foi a amarela (MINOLTA, 2007) O chroma apresentou diferença significativa (p<0,05) entre 300MPa/320 g de NaCl e 500MPa/320 g de NaCl e quando

comparados ao controle.

O maior croma (C^*), ou seja, maior vivacidade de cores aconteceu nos tratamentos 300MPa/320 g de NaCl e 500MPa/320 g de NaCl, comparados ao controle. O aumento da pressão, como demonstrado pelos resultados e discutido anteriormente, aumenta o valores de b^* (positivo) e do valor Hue dentro do quadrante de 0 a 90°, acarretando, conseqüentemente, aumento da intensidade do amarelo.

3.3. Determinação de proteólise, atividade antioxidante e atividade inibidora ECA

Os valores médios das análises de proteólise, atividade antioxidante e anti-hipertensiva das amostras do queijo controle e pressurizados são apresentados na Tabela 03. Todos os tratamentos apresentaram diferença ($p < 0,05$) em relação ao controle.

Tabela 3. Média dos valores de proteólise, atividade antioxidante e atividade inibidora de enzima conversora de agiotensina (ECA) para as amostras de queijo pressurizado e controle.

Tratamento	Análises		
	Proteólise	Atividade antioxidante	Atividade inibidora ECA
320 g de NaCl	0,234 ^d ±0,016	19,61 ^d ±0,23	13,51 ^e ±0,38
300MPa/128 g NaCl	0,445 ^c ±0,016	44,51 ^c ±2,90	35,40 ^d ±1,34
500MPa/128 g NaCl	0,783 ^a ±0,008	62,27 ^a ±0,69	64,11 ^a ±0,77
300MPa/320 g de NaCl	0,278 ^d ±0,016	18,80 ^d ±0,61	12,84 ^e ±0,70
500MPa/320 g de NaCl	0,644 ^b ±0,016	54,60 ^b ±0,40	56,28 ^b ±0,72
400MPa/224 g de NaCl	0,561 ^b ±0,008	51,25 ^b ±0,07	48,94 ^c ±0,77
400MPa/224 g de NaCl	0,559 ^b ±0,004	51,98 ^b ±0,28	49,30 ^c ±0,07
400MPa/224 g de NaCl	0,568 ^b ±0,003	51,55 ^b ±0,21	49,27 ^c ±0,14

Legenda: DPPH= Atividade antioxidante (%); ECA =Enzima conversora de angiotensina (%). *Médias seguidas da mesma letra na vertical não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

A proteólise corresponde à hidrólise das proteínas e é resultante de várias atividades enzimáticas de proteinases e peptidases. Sua determinação tem sido comumente utilizada para verificar a degradação proteica em queijos. Os tratamentos 500MPa/128 g de NaCl e 300MPa/320 g de NaCl foram os queijos que obtiveram os maior e menor valor de proteólise 0,783 e 0,278 de absorbância, respectivamente, havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e o controle. Apenas o tratamento 300MPa/320 g de NaCl não diferiu estatisticamente do controle. O índice de proteólise está relacionado com as proteinases naturais do leite e do agente coagulante, as quais degradam as proteínas em peptídeos de alto peso molecular (ANDREATTA et al., 2009). Estudos indicam que a grande maioria das enzimas endógenas no leite são baroestáveis. Investigação conduzida por Scollard et al. (2000), que efetuaram o processamento de leite entre 50 e 800 MPa / (1-20 minutos) e mediram a inativação de plasmina bem como a proteólise do leite, confirmaram tais observações. Desse modo, pressões menores que 600MPa causaram 50% de inativação desta enzima enquanto para o plasminogênio esta inativação chegou apenas a 20%, o que confirma relativa estabilidade da plasmina no leite. Para o tratamento 300MPa/128 g de NaCl quando comparado ao controle ($p < 0,05$), foi observado aumento de proteólise, provavelmente devido à alta desintegração das micelas que resultaram em um aumento de área

superficial para proteólise, combinado com uma alta atividade residual da plasmina (PFLANZER et al., 2008). Resultados semelhantes foram encontrados por Borda et al. (2004), que processaram leite na faixa de 300-800 MPa, com temperaturas de 25-65 °C, e notaram uma potencial baroestabilidade da plasmina. Rynne et al. (2008), ao determinar proteólise logo após o processamento de queijo Cheddar usando 400 MPa durante 10 min. (temperatura ambiente), constatou pouco ou quase nenhum efeito da pressão sobre a proteólise primária, resultado este consistente com a baroestabilidade reportada da plasmina e quimosina (O'REILLY et al., 2001; HUPPERTZ, FOX e KELLY, 2004). No entanto, aumento da concentração de cloreto de sódio diminuiu a proteólise quando se comparou os tratamentos 300MPa/128 g de NaCl com 300MPa/320 g de NaCl e 500MPa/128 g de NaCl com 500MPa/ 320 g de NaCl. Provavelmente o aumento na concentração de NaCl reduziu a intensidade de degradação proteica, que por sua vez foi induzida por teor de umidade elevado.

Para capacidade antioxidante, os resultados mostraram que todos os queijos pressurizados foram capazes de sequestrar o radical DPPH, porém com intensidades variáveis (18,80 a 62,27%). Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os queijos pressurizados com o controle, com exceção de 300MPa/320 g de NaCl. O tratamento 500MPa/128 g de NaCl apresentou maior atividade de sequestro do radical DPPH. Os resultados sugerem que os queijos são fonte de peptídeos bioativos com propriedades antioxidantes e diferentes mecanismos de ação. Estudos estão sendo realizados para identificar os peptídeos, a fim de elucidar uma possível relação entre estrutura e atividade antioxidante. Pesquisas mostraram que peptídeos bioativos do soro podem estar envolvidos em funções relacionadas à saúde cardiovascular (atividade inibidora de ECA, antitrombótica, antioxidante e antimicrobiana) (MCCARRON e REUSSER, 2002).

No que diz respeito à atividade anti-hipertensiva, os tratamentos 500MPa/128 g de NaCl e 300MPa / 320 g de NaCl foram os queijos que obtiveram os maiores e menores valores de atividade, correspondentes a 64,11 e 12,84%, respectivamente, havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e o controle, com exceção de 300MPa / 320 g de NaCl, que não diferenciou estatisticamente do controle. Estes resultados sugerem o efeito positivo da alta pressão hidrostática na formação de peptídeos com capacidade anti-hipertensiva, o que foi confirmado por valores de atividade antioxidante e de proteólise, já que as caseínas α_1 , α_2 , β e κ -caseína desempenham no organismo importantes funções fisiológicas, tanto em suas estruturas nativas como através de peptídeos produzidos por enzimas proteolíticas (WALTHER et al., 2008). Estudos têm demonstrado que caseínas e proteína do soro, quando hidrolisadas, podem gerar vários peptídeos com esta atividade (FITZGERALD e MEISEL, 2000; LOLLO et al., 2015). Queijo Minas Frescal tem se mostrado efetivo como veículo para consumo de probióticos e peptídeos bioativos (LOLLO et al., 2015).

3.3.1. Efeito das variáveis de resposta para o planejamento Box Behnken

De acordo com ANOVA, as variáveis sódio, cloreto de sódio, atividade antioxidante e anti-hipertensiva foram influenciadas significativamente pelos fatores em estudo (pressão, teor de NaCl) e sua interação (pressão x NaCl) ($p < 0,05$). Acidez, pH e os parâmetros a^* e h° (cor) foram influenciados pelo teor de NaCl. Cálcio teve influência da pressão e a interação de ambos fatores avaliados e proteólise foi influenciada pela pressão e teor de NaCl

Na Tabela 4 constam os modelos matemáticos (empíricos) gerados para as variáveis de resposta que apresentaram significância estatística ($p < 0,05$) para o planejamento.

Tabela 4. Modelos matemáticos polinomiais gerados pelo planejamento de Box Behnken.

Equação	R ² Ajustado
$Na = -345,37 - 0,004P^2 + 0,077S + 0,009P.S$	0,9953
$Ca = 987,80 - 2,85 P + 0,034 P^2 + 0,00062 P.S$	0,9824
$NaCl = -1,006 - 0,00001 P^2 - 0,004 S + 0,00003 P.S$	0,9945
$NaCl/U = -1,076 - 0,01262 S + 0,0007 P.S$	0,9696
$Proteólise = -0,264 + 0,03405 P - 0,003450 S$	0,9961
$DPPH = -45,2013 + 0,5527 P - 0,0007 P^2 - 0,8796 S + 0,0015 P.S$	0,9997
$ECA = -83,1804 + 0,6562 P - 0,0007 P^2 - 0,7457 S + 0,0012 P.S$	0,9999

Legenda: P= pressão (MPa); S= teor de NaCl (%); NaCl= cloreto de sódio (%); NaCl/U= cloreto de sódio na umidade (%); DPPH= atividade antioxidante (%); ECA= atividade anti-hipertensiva (%).

3.3.2 Análise de componentes principais

A Análise de Componentes Principais (ACP) forneceu uma interpretação simplificada (Figura 2) das relações entre as variáveis de resposta bem como das amostras, facilitando a visualização das variáveis de resposta e correlacionando-as. Os componentes principais CP1 e CP2 (eixos ortogonais) explicaram 75,69% do total da variabilidade dos dados, sendo 49,11% explicada pelo primeiro componente e 26,58 % pelo segundo componente.

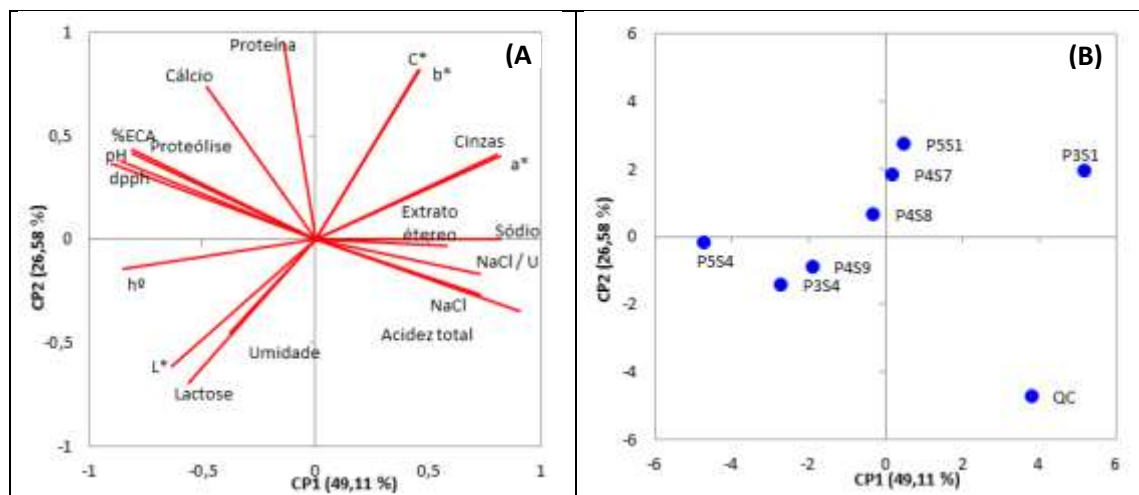


Figura 2. Análise de componentes principais das amostras de queijo Minas Frescal controle e pressurizado: a) representação das variáveis físico-químicas; e b) representação das amostras. QC: queijo controle; P3S4 (300 MPa / 128 g de NaCl); P5S4 (500 MPa / 128 g de NaCl); P3S1 (300 MPa / 320 g de NaCl); P5S1 (500 MPa / 320 g de NaCl); P4S7, P4S8 e P4S9 (400 MPa / 224 g de NaCl). DPPH= atividade antioxidante (%); ECA= atividade anti-hipertensiva (%); (h°)= ângulo Hue; a*= Coordenada cromática do vermelho para o verde; b* Coordenada cromática do azul para o amarelo; C*= Chroma; L*= Luminosidade; pH= potencial hidrogeniônico; NaCl/U= sal na umidade (%).

De acordo com a ACP, variáveis de resposta ECA, proteólise, DPPH e pH estão concentradas no lado esquerdo superior da Figura 2 (a). O tratamento 500MPa / 128 g NaCl Figura 2 (b) é o que está mais próximo dessas variáveis, o que significa maior relação com as mesmas. Com discutido anteriormente a desintegração das micelas causadas pela alta pressão pode resultar em aumento da proteólise (PFLANZER et al., 2008). Além disso, queijos mais úmidos tendem a proteolisar mais (FURTADO, 2014). Ainda de acordo com a Figura 1 (b), o tratamento 320 g de NaCl (direita inferior) está mais afastado dos demais tratamentos e apresentou maiores valores para a variável acidez total. Como já mencionado, a maior presença de microrganismos fermentadores de lactose promovem acidificação do meio. Provavelmente como a inibição destes microrganismos foi menor no queijo controle quando comparado aos pressurizados, maior acidez foi constatada em QC (320 g de NaCl). Tratamento 300MPa / 320 g de NaCl (direita superior) teve maiores valores para as variáveis cinza, gordura, sódio e a*, C* e b*. Adicionalmente, nota-se que os tratamentos 400MPa / 224 g de NaCl, 500MPa / 128 g de NaCl e 300MPa / 128 g de NaCl estão relacionados com os maiores teores de L* e h°, por estarem situado em quadrante equivalente a tais atributos, conforme as Figuras 2 (a) e (b) e corroborado pelos resultados apresentados na Tabela 2.

3.4. Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos do queijo controle e pressurizado estão representados em valores médios percentuais na Tabela 5.

Tabela 5. Média dos valores de perfil de ácidos graxos para as amostras de queijo pressurizado e controle.

	320 g NaCl	300MPa / 128 g NaCl	500MPa / 128 g NaCl	300MPa/ 320g de NaCl	500MPa / 320 g NaCl	400MPa/ 224 g NaCl	400MPa/ 224 g NaCl	400MPa/ 224 g NaCl
Ácidos graxos (g/100g)								
<i>Butanóico (C4:0)</i>	0,01 ^g ±0,02	0,51 ^e ±0,03	0,55 ^d ±0,01	0,38 ^f ±0,1	0,59 ^a ±0,7	2,07 ^b ±0,6	2,08 ^b ±0,3	2,03 ^c ±0,4
<i>Hexanóico (C6:0)</i>	1,78 ^c ±0,1	2,76 ^b ±0,4	2,83 ^a ±0,1	2,83 ^a ±0,6	1,21 ^f ±0,2	1,38 ^d ±0,1	1,31 ^e ±0,1	1,32 ^e ±0,2
<i>Octanóico (C8:0)</i>	1,26 ^d ±0,5	1,48 ^{ab} ±0,3	1,50 ^a ±0,5	1,45 ^b ±0,1	1,49 ^a ±0,8	1,29 ^{cd} ±0,2	1,31 ^c ±0,4	1,30 ^c ±0,2
<i>Decanóico (C10:0)</i>	2,81 ^b ±0,8	2,57 ^d ±0,3	2,61 ^c ±0,3	2,44 ^e ±0,8	1,83 ^f ±0,2	2,86 ^a ±0,4	2,86 ^a ±0,3	2,86 ^a ±0,4
<i>Undecanóico (C11:0)</i>	0,05 ^a ±0,04	0,06 ^a ±0,05	0,01 ^b ±0,02	0,08 ^a ±0,04	0,01 ^b ±0,01	0,01 ^b ±0,02	0,01 ^b ±0,03	0,02 ^b ±0,01
<i>Dodecanóico (C12:0)</i>	2,76 ^{cd} ±0,4	2,81 ^b ±0,2	2,80 ^{bc} ±0,1	2,73 ^d ±0,1	2,31 ^e ±0,7	3,50 ^a ±0,4	3,51 ^a ±0,2	3,48 ^a ±0,4
<i>Tridecanóico (C13:0)</i>	0,08 ^d ±0,03	0,10 ^c ±0,01	0,10 ^{bc} ±0,02	0,08 ^d ±0,05	0,12 ^a ±0,02	0,12 ^{ab} ±0,01	0,12 ^a ±0,02	0,12 ^{ab} ±0,01
<i>Tetradecanóico (C14:0)</i>	8,64 ^d ±0,5	9,96 ^{bc} ±0,2	9,83 ^{cd} ±0,4	9,16 ^{cd} ±0,1	8,70 ^d ±0,4	12,13 ^a ±0,9	11,76 ^a ±0,8	11,14 ^{ab} ±0,9
<i>Miristoleico (C14:1N9)</i>	1,44 ^a ±0,2	1,27 ^c ±0,4	1,33 ^b ±0,4	1,33 ^b ±0,8	1,21 ^d ±0,9	1,47 ^a ±0,2	1,47 ^a ±0,1	1,45 ^a ±0,1
<i>Pentadecanóico (C15:0)</i>	1,24 ^d ±0,2	1,36 ^c ±0,3	1,38 ^{bc} ±0,2	1,26 ^d ±0,6	1,38 ^{bc} ±0,4	1,58 ^a ±0,4	1,36 ^{bc} ±0,8	1,40 ^b ±0,5
<i>Palmitico (C16:0)</i>	25,35 ^d ±1,2	29,36 ^{abc} ±1,6	28,14 ^{bc} ±1,1	27,70 ^{cd} ±1,4	29,06 ^{abc} ±1,8	31,31 ^a ±1,6	30,58 ^{ab} ±1,2	29,49 ^{abc} ±1,1
<i>Palmitoleico (C16:1N9)</i>	2,58 ^b ±0,5	2,25 ^d ±0,8	2,28 ^d ±0,4	2,44 ^c ±0,1	2,29 ^d ±0,1	2,59 ^b ±0,5	2,78 ^a ±0,1	2,75 ^a ±0,3
<i>Ácido Heptadecenoico (C17:1N10)</i>	0,56 ^a ±0,01	0,02 ^b ±0,01	0,01 ^b ±0,01	0,01 ^b ±0,02	0,01 ^b ±0,02	0,01 ^b ±0,01	0,01 ^b ±0,01	0,01 ^b ±0,01
<i>Estearico (C18:0)</i>	12,51 ^{bcd} ±0,9	13,31 ^{abcd} ±1,1	13,25 ^{abcd} ±1,8	12,39 ^{cd} ±1,5	14,17 ^a ±1,1	11,90 ^d ±1,2	14,02 ^{ab} ±1,4	13,63 ^{abc} ±1,2
<i>Ácido 9-octadecenoico (C18:1N9)</i>	35,25 ^a ±1,6	29,75 ^b ±1,1	29,40 ^b ±1,2	30,75 ^b ±1,9	30,50 ^b ±1,5	26,96 ^c ±1,4	31,32 ^b ±1,1	29,08 ^{bc} ±1,2
<i>Ácido linoleico conjugado (CLA)</i>	2,87 ^b ±0,8	2,26 ^e ±0,2	2,30 ^d ±0,5	3,27 ^a ±0,8	2,73 ^c ±0,8	0,01 ^f ±0,01	0,02 ^f ±0,01	0,02 ^f ±0,01
<i>Eicosanóico (C20:0)</i>	0,18 ^d ±0,01	0,22 ^c ±0,02	0,33 ^b ±0,03	0,21 ^c ±0,02	0,46 ^a ±0,01	0,01 ^e ±0,01	0,01 ^e ±0,01	0,02 ^e ±0,01
<i>Docosenóico (C22:0)</i>	0,02 ^c ±0,01	0,02 ^c ±0,02	0,40 ^b ±0,02	0,01 ^c ±0,01	0,68 ^a ±0,03	0,01 ^c ±0,02	0,02 ^c ±0,01	0,01 ^c ±0,01
<i>Ácidos graxos de cadeia curta (ΣSCFA)</i>	0,01 ^g ±0,01	0,51 ^e ±0,02	0,55 ^d ±0,02	0,38 ^f ±0,04	0,25 ^a ±0,8	2,07 ^b ±0,2	2,08 ^b ±0,2	2,03 ^b ±0,1
<i>Ácidos graxos de cadeia média (ΣMCFA)</i>	8,67 ^d ±0,5	9,70 ^a ±0,9	9,780 ^a ±0,4	9,54 ^b ±0,9	6,27 ^e ±0,4	9,07 ^c ±0,9	9,03 ^c ±0,6	8,99 ^c ±0,8
<i>Ácidos graxos de cadeia longa (ΣLCFA)</i>	90,73 ^{ab} ±1,5	89,90 ^{ab} ±1,2	88,39 ^b ±1,8	88,64 ^b ±1,1	90,67 ^{ab} ±1,4	88,14 ^b ±1,4	90,48 ^b ±1,6	89,14 ^b ±1,2
<i>Ácidos graxos monoinsaturado (ΣMUFA)</i>	39,83 ^a ±1,4	33,30 ^{bcd} ±1,8	33,03 ^{bc} ±1,1	34,55 ^{bc} ±1,1	34,02 ^{bc} ±1,7	33,05 ^b ±1,3	35,59 ^b ±1,7	33,31 ^{bcd} ±1,2
<i>Ácidos graxos poliinsaturado (ΣPUFA)</i>	2,877 ^b ±0,7	2,26 ^c ±0,3	2,30 ^d ±0,2	3,27 ^a ±0,4	2,73 ^c ±0,5	0,01 ^f ±0,01	0,01 ^f ±0,01	0,02 ^f ±0,01

*Médias seguidas da mesma letra na horizontal não apresentam diferenças significativas (p > 0,05) pelo teste de Tukey.

Vinte e três ácidos graxos foram identificados, sendo em sua maioria ácidos graxos de cadeia longa. Em relação aos ácidos graxos de cadeia curta, todas as amostras diferiram do controle e entre si ($p < 0,05$), com exceção dos tratamentos no ponto central que apresentaram os maiores valores (2,03-2,08 g/100 de gordura). Da mesma forma, os ácidos graxos de cadeia média também diferiram entre a amostra controle e pressurizados ($p < 0,05$), com valores variando de 6,27 a 9,78 g/100g de gordura e com os maiores valores para os tratamentos 300 MPa / 128 g de NaCl e 500 MPa / 128 g de NaCl. Dos saturados, destacaram-se os ácidos palmítico (C 16:0) e esteárico (C18:0), com valores médios expressos em 28,88 e 13,15 g/100g de gordura, respectivamente. A maior quantidade de ácidos graxos monoinsaturados foi encontrada no QC (39,83 g/100g de gordura), quando em comparação com os demais tratamentos ($p < 0,05$), com valores que variaram de 33,03 a 35,59 g/100g de gordura. Já para os ácidos graxos poli-insaturados, houve diferença ($p < 0,05$) entre o controle e os queijos pressurizados, sendo o maior valor o tratamento MPa / 320 g de NaCl (3,27 g/100 g de gordura).

A maior presença de ácidos graxos foi para o queijo controle. Estes resultados corroboram com investigação conduzida por Gervilla, Ferragut e Guamis (2001), que avaliaram o efeito da APH sobre o conteúdo de ácidos graxos livres em leite de ovelha tratados na faixa de 100-500 MPa e concluíram que não houve aumento nos níveis de ácidos graxos. No entanto para este estudo a alta pressão favoreceu o aumento dos níveis de alguns ácidos graxos livres quando comparados ao controle ($p > 0,05$), com destaque para os níveis de ácido palmítico (C:16:0). Juan et al. (2007) trabalhando com queijos pressurizados a 300Mpa também observaram aumento nos níveis de ácidos graxos livres. O que foi atribuído a ação de lipases devido a lise microbiana decorrente da alta pressão e modificação da conformação proteica que tem repercussões na atividade enzimática, acessibilidade aos substratos e modificações na rede de coalho (O'Reilly et al., 2001).

Neste estudo alta pressão favoreceu o aumento de ácidos graxos de cadeia curta (C: 4) quando compara-se amostras pressurizadas entre si e com o controle. De acordo com Felicio et al. (2016), o consumo de alimentos contendo ácidos graxos de cadeia curta pode reduzir doenças de origem gastrointestinais e cardiovasculares. Além disso, estes ácidos tem características marcantes de sabor e textura. Quando os mesmos sofrem ação da lipase no leite ou produtos lácteos, conferem sabores indesejáveis ao leite, porém desejáveis em alguns tipos de queijo como o parmesão (CRUZ et al., 2016).

Ácidos graxos poliinsaturados ($\omega 3$ e $\omega 6$) afetam positivamente o sistema imunitário sem o risco de causar diabete. Salienta-se que ácidos graxos de cadeia média também apresentam importância para uma dieta saudável (AOYAMA, NOSAKA e KASAI, 2007).

Já em termos de ácidos monoinsaturados, registrou-se o ácido 9-octadecenóico (C18:1N9), com valor médio de 30,55 g/100g de gordura. Para o ácido butanóico os tratamentos com 400MPa / 224 g de NaCl (ponto central) destacaram-se por apresentar os maiores valores ($p < 0,05$) (2,03-2,08 g/100g de gordura). Níveis de ácidos hexanóico, octanóico e decanóico quando pressurizados apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) em relação ao controle. Tratamentos no ponto central afetaram positivamente os valores dos ácidos dodecanóico (3,48-3,50 g/100g de gordura), tridecanóico (0,12 g/100g de gordura) e tetradecanóico (11,14 – 12,13 g/100g de gordura), quando comparados ao queijo controle ($p < 0,05$). Voigt et al. (2010) relataram ser possível reduzir a degradação de ácidos graxos livres com pressões de 400 ou 600 MPa após 28 dias de armazenamento de queijo. Nesse mesma linha de pensamento Juan et al. (2008)

relataram que pressões maior que 400MPa podem produzir considerável diminuição dos níveis de ácidos graxos livres em queijo obtido de leite de ovelha. O teor de ácido linoleico conjugado apresentou diferença entre controle e pressurizado ($p \leq 0,05$), com destaque para os tratamentos no ponto central, que apresentaram valor médio de 0,01 g/100g de gordura. Queijos são reconhecidos como os derivados lácteos com maior concentração de ácido linoleico conjugado (CLA). No entanto, esta concentração dependente da quantidade original de CLA no leite e das condições de processamento (KIM et al., 2009). Entre seus efeitos benéficos estão propriedades anticancerígenas, anti-inflamatórias e antioxidante (YUAN, CHEN e LI, 2014).

Análise de componentes principais dos ácidos graxos está representada na (Figura 3).

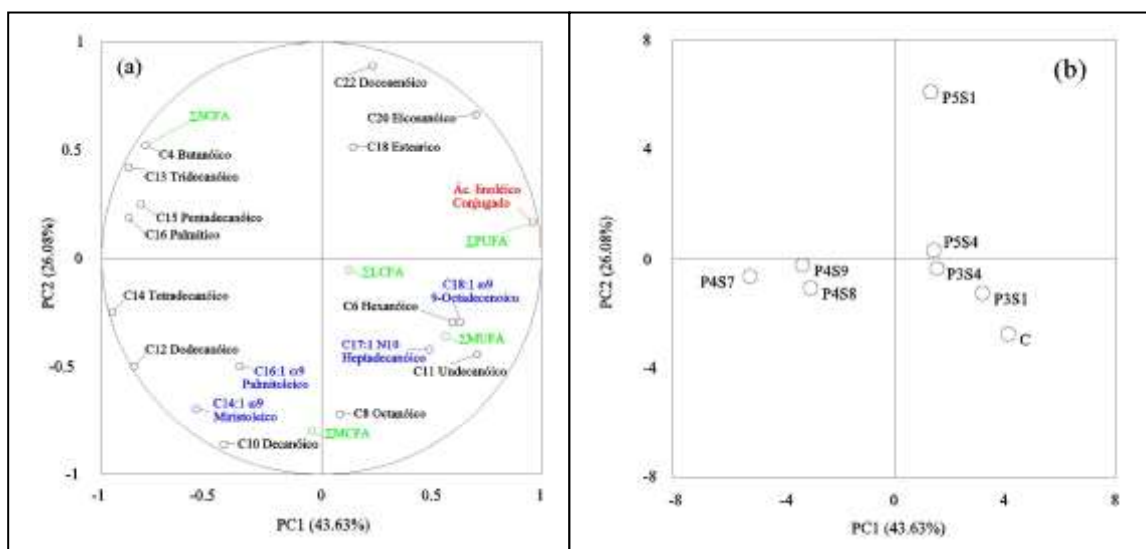


Figura 3. Análise de componentes principais das amostras de queijo Minas Frescal controle e pressurizado: representação das variáveis ácidos graxos e representação das amostras. QC: queijo controle; P3S4 (300 MPa / 128 g de NaCl); P5S4 (500 MPa / 128 g de NaCl); P3S1 (300 MPa / 320 g de NaCl); P5S1 (500 MPa / 320 g de NaCl); P4S7, P4S8 e P4S9 (400 MPa / 224 g de NaCl). Σ SCFA = Ácidos graxos de cadeia curta; Σ MCFA = Ácidos graxos de cadeia média; Σ LCFA = Ácidos graxos de cadeia longa; Σ MUFA = Ácidos graxos monoinsaturado; Σ PUFA = Ácidos graxos poliinsaturado.

Os dois primeiros componentes (CP1 e CP2) somaram 75,69% do total da variabilidade dos dados. De acordo com a Figura 3 (b), os tratamentos (400 MPa / 224 g de NaCl) encontram-se mais separados dos outros tratamentos, situando-se na parte esquerda inferior. Por outro lado, os tratamentos (300 MPa / 128 g de NaCl), (500 MPa / 128 g de NaCl), (300 MPa / 320 g de NaCl) e 320 g NaCl, situados no mesmo quadrante (direita inferior), apresentaram características similares para as variáveis de resposta avaliadas e estão relacionados às maiores quantidades de ácidos graxos monoinsaturados (C14:1 ω 9, C16:1 ω 9 e C18:1 ω 9, C17:1 N10), conforme ilustrado na Figura 2 (a) (lado esquerdo e direito inferior), sendo o ácido graxo C18:1 ω 9 o principal contribuinte para o total de monoinsaturados (Σ MUFA). Adicionalmente, ácido graxo poliinsaturado (CLA) está representado na parte direita superior da Figura 2 (a) e corresponde ao total de poliinsaturados (Σ PUFA) encontrados, sendo os maiores valores encontrados representados pelos tratamentos 300MPa/320 g de NaCl e 500MPa/320 g de NaCl. Conseqüentemente, estes tratamentos seriam os mais indicados

ao consumo devido às maiores concentrações de ácidos graxos insaturados e seus efeitos benéficos à saúde.

Os tratamentos com maiores quantidades de ácidos graxos saturados (C4:0, C13:0, C15:0 e C16:0) encontrados no queijo foram (500 MPa / 320 g de NaCl e 400 MPa / 224 g de NaCl) por estarem representados próximos à maior quantidade de saturados (esquerda superior), sendo os mesmos os maiores contribuintes para total de ácidos graxo saturados (Σ SCFA) conforme relatado e apresentado na Tabela 5.

3.5. Análise microbiológica

Análises microbiológicas foram realizadas para avaliação da conformidade com a legislação e sanidade dos queijos processados. Os resultados das análises para o queijo controle e pressurizado estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 6. Resultados obtidos na pesquisa de Coliformes a 45°C, *Staphylococcus* coagulase positiva/g, *Clostridium* sulfito redutor à 46°C e *Salmonella spp* para as amostras de queijo controle e pressurizado.

Amostras	Coliformes a 45°C (NMP)	<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)	<i>Clostridium</i> sulfito redutor a 46°C (UFC/g)	<i>Salmonella spp</i> (ausência 25g)
320 g de NaCl	<3,0	<1,0 x 10 ² Estimado	<1,0 x 10 ² Estimado	Ausência
300MPa/128 g NaCl	<3,0	<1,0 x 10 ² Estimado	<1,0 x 10 ² Estimado	Ausência
500MPa/128 g NaCl	<3,0	<1,0 x 10 ² Estimado	<1,0 x 10 ² Estimado	Ausência
300MPa/320 g de NaCl	<3,0	<1,0 x 10 ² Estimado	<1,0 x 10 ² Estimado	Ausência
500MPa/320 g de NaCl	<3,0	<1,0 x 10 ² Estimado	<1,0 x 10 ² Estimado	Ausência
400MPa/224 g de NaCl	<3,0	<1,0 x 10 ² Estimado	<1,0 x 10 ² Estimado	Ausência
400MPa/224 g de NaCl	<3,0	<1,0 x 10 ² Estimado	<1,0 x 10 ² Estimado	Ausência
400MPa/224 g de NaCl	<3,0	<1,0 x 10 ² Estimado	<1,0 x 10 ² Estimado	Ausência

De acordo com a Tabela 6, todas as amostras cumpriram os limites máximos exigidos pela legislação vigente (BRASIL, 2001). O máximo exigido pela legislação para contagem de Coliformes 45°C/g é 10³, sendo a contagem para esta pesquisa considerada ausente, de acordo com o limite de detecção do método (<3). Para *Staphylococcus* coagulase positiva/g o limite da legislação é de 3 x 10³ UFC/g, e os valores encontrados foram <1,0 x 10² UFC/g (estimado). Já a contagem para *Clostridium* sulfito redutor a 46°C ficou abaixo do limite da legislação que estipula 5 x 10² UFC/g, e não foi detectada presença de *Salmonella spp* nas amostras analisadas.

Adicionalmente, foram feitas análises para Coliformes 35°(NMP), *Staphylococcus* coagulase negativa (UFC/g), Bactérias mesofílicas totais (UFC/g) e Bactérias psicotróficas (UFC/g). O resultado das análises estão representados na Figura 4.

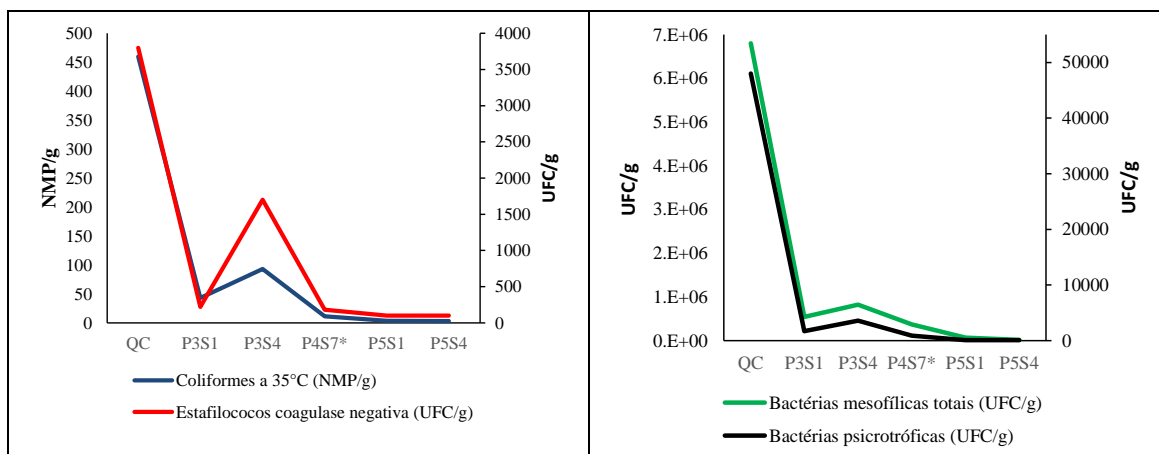


Figura 4. Resultados obtidos na pesquisa de Coliformes à 35°C, Estafilococcus coagulase negativa (UFC/g), Bactérias mesofílicas totais (UFC/g) e Bactérias psicrotóficas (UFC/g) para as amostras de queijo controle e pressurizado. QC: queijo controle; P3S4 (300 MPa / 128 g de NaCl); P5S4 (500 MPa / 128 g de NaCl); P3S1 (300 MPa / 320 g de NaCl); P5S1 (500 MPa / 320 g de NaCl); P4S7, P4S8 e P4S9 (400 MPa / 224 g de NaCl);

De acordo com a Figura 4, a população microbiana diminuiu com o aumento dos níveis de pressão. Os tratamentos mais efetivos foram 500MPa/128 g de NaCl e 500MPa/320 g de NaCl. Adicionalmente, pode-se observar um efeito positivo na diminuição dos microrganismos quando os níveis de pressão e quantidade de NaCl foram aumentados. Efeito da alta pressão hidrostática na qualidade microbiológica de produtos lácteos tem sido reportado (CAPELLAS et al., 2001; YORDANOV e ANGELOVA, 2010). Estudos conduzidos por Evert-Arriagada et al. (2014) em queijo fresco pressurizado a 500MPa/15 min. comprovaram redução significativa na contagem de microrganismos (bactérias mesofílicas totais e bactérias psicrotóficas) comparados ao controle não pressurizado. Daryaei et al. (2008), trabalhando com requeijão, também observaram que a alta pressão hidrostática foi efetiva no controle de bactérias, bolores e leveduras quando pressões acima de 300 MPa foram aplicadas. Estudo conduzido por Arqués et al. (2006) relataram que pressões de 300 ou 400 MPa reduziram significativamente a contagem de microrganismos indesejáveis, melhorando a qualidade e segurança microbiológica do queijo.

3.6. Análise sensorial

O teste de diferença do controle foi realizado com objetivo de verificar se existia diferença significativa entre os tratamentos (pressurizado e/ou quantidade de NaCl reduzido) e o controle (teor de NaCl normal) em relação ao atributo “gosto salgado”. A Tabela 7 apresenta as médias de Dunnett. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para todos os tratamentos em relação ao controle.

Tabela 7. Médias das notas do teste de diferença do controle

Tratamentos	Média
<i>320 g de NaCl</i>	4,9 ^a ±1,26
<i>300MPa/128 g NaCl</i>	1,7 ^b ±0,99
<i>500MPa/128 g NaCl</i>	3,6 ^b ±1,42
<i>300MPa/320 g de NaCl</i>	1,9 ^b ±1,21
<i>500MPa/320 g de NaCl</i>	3,8 ^b ±1,48
<i>400MPa/224 g de NaCl</i>	3,3 ^b ±1,18
<i>400MPa/224 g de NaCl</i>	3,8 ^b ±1,40
<i>400MPa/224 g de NaCl</i>	3,2 ^b ±1,53

*Médias seguidas da mesma letra quando comparadas ao controle não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os tratamentos 300MPa/320 g de NaCl e 500MPa/320 g de NaCl apresentaram as médias mais elevadas 3,6 e 3,8, respectivamente. De acordo como os provadores, a amostra controle mostrou-se mais salgada que as demais. Era esperado maior semelhança entre os tratamentos e a amostra controle em relação à percepção do gosto salgado, ao menos no tocante às amostras pressurizadas com teor normal de NaCl, considerando que a APH tem potencial para aumentar a percepção do gosto salgado. Estes resultados diferiram dos apresentado por Fudalosa et al. (2012) que avaliaram o uso da alta pressão hidrostática em presunto curado com teor reduzido de sódio e concluíram que a pressurização foi capaz de aumentar a percepção do gosto salgado. Picouet et al. (2012) relataram que a desnaturação proteica promovida por níveis de pressão entre 300 e 600MPa facilitaram a liberação de sódio inicialmente ligados a proteína tornando-o mais disponível e perceptível na matriz alimentícia.

No entanto nesta pesquisa as amostras pressurizadas com quantidade intermediário de NaCl (224 g de NaCl) tiveram médias semelhantes às do queijo pressurizado com 100 % de cloreto de sódio em sua formulação (500MPa / 320 g de NaCl e 300MPa / 320 g de NaCl), assim pode-se inferir que uma redução de 30% do teor de cloreto sódio combinado à pressão de 400MPa pode ter afetado a conformação do produto a ponto de influenciar no aumento da percepção do gosto salgado das referidas amostras. Sabe-se que variações no teor de cloreto de sódio (NaCl) em alimentos podem influenciar o consumidor na aceitação do produto. Alterações no sabor, textura, propriedades reológicas, e composição das matrizes alimentícias influencia a maior liberação de íons sódios na boca e aumento da percepção do gosto salgado (BARRINGER, 2006; PHAN et al., 2008; SAINT-EVE et al., 2009; PANOUILLÉ et al., 2011)

Desta forma, estudos futuros enfocando a interação pressão e o teor de NaCl na percepção do gosto salgado em queijo fresco são necessários para melhor compreensão.

4. CONCLUSÃO

As características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais para os queijos Minas Frescal pressurizados reduzidos de sódio foram afetadas. A maior ou menor intensidade dessas alterações é dependente das condições operacionais do processamento (pressão e teor de NaCl). Efeito positivo da Alta Pressão Hidrostática na formação de peptídeos com atividade anti-hipertensiva, antioxidante e proteolítica

foram confirmados. O tratamento com nível de pressão de 500MPa e adição de 128 g de cloreto de sódio apresentou maior percentual de atividade antioxidante, hipertensiva e proteolítica. Com isso, pode-se inferir que o consumo regular de Minas Frescal pode possivelmente contribuir com um efeito preventivo contra a hipertensão, a ser comprovado em ensaios clínicos. Queijos pressurizados apresentaram-se mais amarelos quando comparados ao queijo controle. Aplicação de alta pressão demonstrou eficácia na diminuição da contagem dos microrganismos investigados, com base nos requerimentos de legislação. O aumento do nível de pressão combinado com aumento do teor de NaCl apresentaram suposto efeito sinérgico ou aditivo na inativação dos microrganismos. No entanto, pressão de 400 MPa e 224 g de NaCl indicaram potencial a ser melhor explorado para esta percepção, resultando em percepção similar ao queijo pressurizado sem redução de sal. Sugere-se mais investigação para encontrar a melhor condição de utilização (Alta pressão x Teor de NaCl) na produção de queijo Minas Frescal com teor de sódio reduzido e com padrões de identidade e qualidade desejável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN FOEGEDING, E.; BROWN, J.; DRAKE, M.; DAUBERT, C. R. Sensory and mechanical aspects of cheese texture. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 8, p. 585-591, 003.

ANDREATTA, E.; FERNANDES, A. M.; DOS SANTOS, M. V.; MUSSARELLI, C.; MARQUES, M. C.; GIGANTE, M. L.; OLIVEIRA, F. Quality of minas frescal cheese prepared from milk with different somatic cell counts. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 320-326, 2009.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. Gaithersburg, Md.: AOAC International. 2010.

AOCS.. Official Procedure, Approved Procedure Am 5-04, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. **American Oil Chemists Society**, Urbana, IL. 2005.

AOYAMA, T.; NOSAKA, N.; KASAI, M. Research on the nutritional characteristics of medium-chain fatty acids. **The Journal of Medical Investigation**, v. 54, n. 3, 4, p. 385-388, 2007.

APHA – **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 2001. Edited by: Frances Pouch, 4^a edition.

ARQUÉS, J.; GARDE, S.; GAYA, P.; MEDINA, M.; NUÑEZ, M. Short communication: inactivation of microbial contaminants in raw milk La Serena cheese by high-pressure treatments. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 3, p. 888-891, 2006.

AYYASH, M. M.; SHERKAT, F.; SHAH, N. P. The effect of NaCl substitution with KCl on Akawi cheese: Chemical composition, proteolysis, angiotensin-converting enzyme-inhibitory activity, probiotic survival, texture profile, and sensory properties. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 9, p. 4747-4759, 2012.

BARRINGER, S. A. **Coating Snack Foods**. In: Hui YH, ed. **Handbook of Food Science, Technology and Engineering**. Food Engineering and food processing. New York: CRC Press: 1691 – 1699 p. 2006.

BORDA, D.; SMOUT, C.; VAN LOEY, A.; HENDRICKX, M. High pressure thermal inactivation kinetics of a plasmin system. **Journal of dairy science**, v. 87, n. 8, p. 2351-2358, 2004.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.-E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Resolução RDC N °12, de 02 de Janeiro de 2001: Regulamento técnico

sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União. Brasília, 10 de janeiro de 2001.**

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para controle de leite e produtos lácteos. (Instrução Normativa nº 68 de 12/12/2006). Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 2006.**

CALDERÓN-MIRANDA, M.L.; GONZÁLEZ, M.F.S.M.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; SWANSON, B.G. Métodos no térmicos para procesamiento de alimentos: variables e inactivación microbiana. **Brazilian Journal of Food and Thecnology**, v.1, p.3-11, 1998.

CAPELLAS, M.; MOR-MUR, M.; SENDRA, E.; GUAMIS, B. Effect of high-pressure processing on physico-chemical characteristics of fresh goats' milk cheese (Mató). **International Dairy Journal**, v. 11, n. 3, p. 165-173, 2001.

CAPELLAS, M.; MOR-MUR, M.; SENDRA, E.; PLA, R.; GUAMIS, B. Populations of aerobic mesophils and inoculated *E. coli* during storage of fresh goat's milk cheese treated with high pressure. **Journal of Food Protection**, v. 59, n. 6, p. 582-587, 1996.

COSTABEL, L. M.; BERGAMINI, C.; VAUDAGNA, S. R.; CUATRIN, A. L.; AUDERO, G.; HYNES, E. Effect of high-pressure treatment on hard cheese proteolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 6, p. 4220-4232, 2016.

CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F.; POLLONIO, M. A. R.; BOLINI, H. M. A.; CELEGHINI, R. M. S.; GRANATO, D.; SHAH, N. P. Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 6, p. 276-291, 2011.

CZARNACKA-SZYMANI, J.; JEZEWSKA-ZYCHOWICZ, M. Impact of nutritional information on consumers' acceptance of cheese with reduced sodium chloride content. **International Dairy Journal**, v. 40, p. 47-53, 2015.

DARYAEI, H.; COVENTRY, M. J.; VERSTEEG, C.; SHERKAT, F. Effect of high pressure treatment on starter bacteria and spoilage yeasts in fresh lactic curd cheese of bovine milk. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, n. 2, p. 201-205, 2008.

DE MORAIS, A. C. N.; DA ROCHA FERREIRA, E. H.; ROSENTHAL, A. APLICAÇÃO DE ALTA PRESSÃO ISOSTÁTICA NA PRODUÇÃO DE DERIVADOS LÁCTEOS: UMA REVISÃO. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 5, p. 357-374, 2014.

DEJMEK, P.; WALSTRA, P. The Syneresis of Rennet-coagulated Curd. In: PATRICK F. FOX, P. L. H. M. T. M. C. e TIMOTHY, P. G. (Ed.). **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**: Academic Press, v. Volume 1, 2004.

DRAKE, S. L.; LOPETCHARAT, K.; DRAKE, M. A. Salty taste in dairy foods: Can we reduce the salt? **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 2, p. 636-645, 2011.

DUGAT-BONY, E.; SARTHOU, A. S.; PERELLO, M. C.; DE REVEL, G.; BONNARME, P.; HELINCK, S. The effect of reduced sodium chloride content on the microbiological and biochemical properties of a soft surface-ripened cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 4, p. 2502-2511, 2016.

EVERT-ARRIAGADA, K.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M. M.; GALLARDO-CHACÓN, J. J.; JUAN, B.; TRUJILLO, A. J. Effect of high pressure processing on volatile compound profile of a starter-free fresh cheese. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 19, p. 73-78, 7// 2013.

EVERT-ARRIAGADA, K.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M. M.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. J. Commercial application of high-pressure processing for increasing starter-free fresh cheese shelf-life. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 498-505, 2014.

EVERT-ARRIAGADA, K.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M. M.; JUAN, B.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. J. Effect of high pressure on fresh cheese shelf-life. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 2, p. 248-253, 2012.

FELICIO, T. L.; ESMERINO, E. A.; CRUZ, A. G.; NOGUEIRA, L. C.; RAICES, R. S. L.; DELIZA, R.; BOLINI, H. M. A.; POLLONIO, M. A. R. Cheese. What is its contribution to the sodium intake of Brazilians? **Appetite**, v. 66, n. 0, p. 84-88, 2013.

FELICIO, T. L.; ESMERINO, E. A.; VIDAL, V. A. S.; CAPPATO, L. P.; GARCIA, R. K. A.; CAVALCANTI, R. N.; FREITAS, M. Q.; CONTE JUNIOR, C. A.; PADILHA, M. C.; SILVA, M. C.; RAICES, R. S. L.; ARELLANO, D. B.; BOLLINI, H. M. A.; POLLONIO, M. A. R.; CRUZ, A. G. Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. **Food Chemistry**, v. 196, p. 628-637, 2016.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza, ES: Acribia, 1992. ISBN 8420007331.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2010.

FERRÃO, L. L.; SILVA, E. B.; SILVA, H. L. A.; SILVA, R.; MOLLAKHALILI, N.; GRANATO, D.; FREITAS, M. Q.; SILVA, M. C.; RAICES, R. S. L.; PADILHA, M. C.; ZACARCHENCO, P. B.; BARBOSA, M. I. M. J.; MORTAZAVIAN, A. M.; CRUZ, A. G. Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. **Food Research International**, v. 86, p. 93-102, 2016.

FITZGERALD, R. J.; MEISEL, H. Milk protein-derived peptide inhibitors of angiotensin-I-converting enzyme. **British Journal of Nutrition**, v. 84, n. S1, p. 33-37, 2000.

FLOURY, J.; ROUAUD, O.; LE POULLENNEC, M.; FAMELART, M.-H. Reducing salt level in food: Part 2. Modelling salt diffusion in model cheese systems with regards to their composition. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 10, p. 1621-1628, 2009.

FULLADOSA, E.; SERRA, X.; GOU, P.; ARNAU, J. Effects of potassium lactate and high pressure on transglutaminase restructured dry-cured hams with reduced salt content. **Meat Science**, v. 82, n. 2, p. 213-218, 2009.

GANESAN, B.; BROWN, K.; IRISH, D. A.; BROTHERSEN, C.; MCMAHON, D. J. Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 4, p. 1970-1982, 2014.

GERVILLA, R.; FERRAGUT, V.; GUAMIS, B. High Hydrostatic Pressure Effects on Color and Milk-Fat Globule of Ewe's Milk. **Journal of food Science**, v. 66, n. 6, p. 880-885, 2001.

GOMES, A. P.; CRUZ, A. G.; CADENA, R. S.; CELEGHINI, R. M. S.; FARIA, J. A. F.; BOLINI, H. M. A.; POLLONIO, M. A. R.; GRANATO, D. Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: Effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 6, p. 2701-2706, 2011.

GRUMMER, J.; BOBOWSKI, N.; KARALUS, M.; VICKERS, Z.; SCHOENFUSS, T. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1401-1418, 2013.

GUINEE, T. P.; FEENEY, E. P.; AUTY, M. A. E.; FOX, P. F. Effect of pH and Calcium Concentration on Some Textural and Functional Properties of Mozzarella Cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1655-1669, 2002.

GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. In: PATRICK F. FOX, P. L. H. M. T. M. C. e TIMOTHY, P. G. (Ed.). **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**: Academic Press, v. Volume 1, 2004. p.207-259. ISBN 1874-558X.

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Reducing Population Salt Intake Worldwide: From Evidence to Implementation. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 52, n. 5, p. 363-382, 2010.

HUPPERTZ, T.; FOX, P. F.; KELLY, A. L. Effects of high pressure treatment on the yield of cheese curd from bovine milk. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2004.

JACK, F. R.; PIGGOTT, J. R.; PATERSON, A. Relationships between Electromyography, Sensory and Instrumental Measures of Cheddar Cheese Texture. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 6, p. 1313-1317, 1993.

JENSEN, M.; SMITH, G.; FEAR, S.; SCHILMOELLER, L.; JOHNSON, C. **Seasoning and method for seasoning a food product while reducing dietary sodium intake**: Google Patents 2011.

JOHNSON, M. E.; KAPOOR, R.; MCMAHON, D. J.; MCCOY, D. R.; NARASIMMON, R. G. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 3, p. 252-268, 2009.

JUAN, B.; FERRAGUT, V.; BUFFA, M.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. Effects of high pressure on proteolytic enzymes in cheese: relationship with the proteolysis of ewe milk cheese. **Journal of dairy science**, v. 90, n. 5, p. 2113-2125, 2007.

JUAN, B.; FERRAGUT, V.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A.-J. The effect of high-pressure treatment at 300MPa on ripening of ewes' milk cheese. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 2, p. 129-138, 2008.

JUAN, B.; ZAMORA, A.; QUEVEDO, J. M.; TRUJILLO, A.-J. Proteolysis of cheese made from goat milk treated by ultra high pressure homogenisation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 17-23, 2016.

KIM, J. H.; KWON, O.-J.; CHOI, N.-J.; OH, S. J.; JEONG, H.-Y.; SONG, M.-K.; JEONG, I.; KIM, Y. J. Variations in conjugated linoleic acid (CLA) content of processed cheese by lactation time, feeding regimen, and ripening. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 8, p. 3235-3239, 2009.

LOLLO, P. C.; MORATO, P. N.; MOURA, C. S.; ALMADA, C. N.; FELICIO, T. L.; ESMERINO, E. A.; BARROS, M. E.; AMAYA-FARFAN, J.; SANT'ANA, A. S.; RAICES, R. R. Hypertension parameters are attenuated by the continuous consumption of probiotic Minas cheese. **Food Research International**, v. 76, p. 611-617, 2015.

LOURENÇO NETO, J. P. M. **Queijos: Aspectos Tecnológicos**. 1ª. Juiz de Fora - MG: 2013.

MACRAE, R. **Food Science and Technology – A series of monographs: HPLC in food analysis**. 2ª. Academic Press Inc.(London). 1998.

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Y.; ACOSTA-MUÑIZ, C.; OLIVAS, G. I.; GUERRERO-BELTRÁN, J.; RODRIGO-ALIAGA, D.; SEPÚLVEDA, D. R. High Hydrostatic Pressure Processing of Cheese. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 4, p. 399-416, 2012.

MASSEY, L. K. Dairy food consumption, blood pressure and stroke. **The Journal of nutrition**, v. 131, n. 7, p. 1875-1878, 2001.

MCCARRON, D. A.; REUSSER, M. E. Hypertensive cardiovascular disease: risk reduction by dietary calcium and dairy foods. **Sciences des Aliments (France)**, 2002.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MINOLTA, K. Precise color communication: color control from perception to instrumentation. **Japan: Konica Minolta Sensing Inc**, 2007.

MINUSSI, R.; FURTADO, M.; MOSQUIM, M. Avaliacao de metodos para a aceleracao da maturacao do queijo prato. **Revista do Instituto de Laticinios Candido Tostes**, 1995.

NAKAMURA, Y.; YAMAMOTO, N.; SAKAI, K.; TAKANO, T. Antihypertensive effect of sour milk and peptides isolated from it that are inhibitors to angiotensin I-converting enzyme. **Journal of dairy science**, v. 78, n. 6, p. 1253-1257, 1995.

NEEDS, E. C.; STENNING, R. A.; GILL, A. L.; FERRAGUT, V.; RICH, G. T. High-pressure treatment of milk: effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation. **J Dairy Res**, v. 67, n. 1, p. 31-42, Feb 2000.

NOORT, M. W. J.; BULT, J. H. F.; STIEGER, M.; HAMER, R. J. Saltiness enhancement in bread by inhomogeneous spatial distribution of sodium chloride. **Journal of Cereal Science**, v. 52, n. 3, p. 378-386, 2010.

O'REILLY, C. E.; KELLY, A. L.; MURPHY, P. M.; BERESFORD, T. P. High pressure treatment: applications in cheese manufacture and ripening. **Trends in Food Science & Technology**, v. 12, n. 2, p. 51-59, 2001.

OKPALA, C. O. R.; PIGGOTT, J. R.; SCHASCHKE, C. J. Influence of high-pressure processing (HPP) on physico-chemical properties of fresh cheese. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 61-67, 2010.

OLIVEIRA, J. S. D. Queijo: fundamentos tecnológicos. **Campinas: Ícone**, p. 21-38, 1986.

OZTURK, M.; GOVINDASAMY-LUCEY, S.; JAEGGI, J. J.; JOHNSON, M. E.; LUCEY, J. A. The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. **International Dairy Journal**, v. 33, n. 2, p. 175-183, 2013.

OZTURK, M.; GOVINDASAMY-LUCEY, S.; JAEGGI, J. J.; JOHNSON, M. E.; LUCEY, J. A. Low-sodium Cheddar cheese: Effect of fortification of cheese milk with ultrafiltration retentate and high-hydrostatic pressure treatment of cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 10, p. 6713-6726, 2015.

PANOUILLE, M.; SAINT-EVE, A.; DE LOUBENS, C.; DELERIS, I.; SOUCHON, I. Understanding of the influence of composition, structure and texture on salty perception in model dairy products. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 4, p. 716-723, 6// 2011.

PEREIRA, E. P. R.; FARIA, J. A. F.; CAVALCANTI, R. N.; GARCIA, R. K. A.; SILVA, R.; ESMERINO, E. A.; CAPPATO, L. P.; ARELLANO, D. B.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; PADILHA, M. C.; MEIRELES, M. A.; BOLINI, H. M. A.; CRUZ, A. G. Oxidative stress in probiotic Petit Suisse: Is the jabuticaba skin extract a potential option? **Food Research International**, v. 81, p. 149-156, 2016.

PFLANZER, S.; CRUZ, A.; HATANAKA, C.; GIGANTE, M.; SPADOTI, L.; CRISTIANINI, M. Revisão: Efeito do processamento por alta pressão hidrostática nas características físico-químicas, microbiológicas e nutricionais do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 4, p. 241-251, 2008.

PHAN, V. A.; YVEN, C.; LAWRENCE, G.; CHABANET, C.; REPARET, J. M.; SALLES, C. In vivo sodium release related to salty perception during eating model cheeses of different textures. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 9, p. 956-963, 9// 2008.

PICOUET, P. A.; SALA, X.; GARCIA-GIL, N.; NOLIS, P.; COLLEO, M.; PARELLA, T.; ARNAU, J. High pressure processing of dry-cured ham: Ultrastructural and molecular changes affecting sodium and water dynamics. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 16, n. 0, p. 335-340, 2012.

RULIKOWSKA, A.; KILCAWLEY, K. N.; DOOLAN, I. A.; ALONSO-GOMEZ, M.; NONGONIERMA, A. B.; HANNON, J. A.; WILKINSON, M. G. The impact of reduced sodium chloride content on Cheddar cheese quality. **International Dairy Journal**, v. 28, n. 2, p. 45-55, 2013.

RYNNE, N. M.; BERESFORD, T. P.; GUINEE, T. P.; SHEEHAN, E.; DELAHUNTY, C. M.; KELLY, A. L. Effect of high-pressure treatment of 1 day-old full-fat Cheddar cheese on subsequent quality and ripening. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, n. 4, p. 429-440, 2008.

SAINT-EVE, A.; LAUVERJAT, C.; MAGNAN, C.; DELERIS, I.; SOUCHON, I. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 167-175, 2009.

SAITO, T.; NAKAMURA, T.; KITAZAWA, H.; KAWAI, Y.; ITOH, T. Isolation and structural analysis of antihypertensive peptides that exist naturally in Gouda cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1434-1440, 2000.

SALDO, J.; SENDRA, E.; GUAMIS, B. Colour changes during ripening of high pressure treated hard caprine cheese. **International Journal of High Pressure Research**, v. 22, n. 3-4, p. 659-663, 2002.

SANDRA, S.; STANFORD, M. A.; GODDIK, L. M. The Use of High-pressure Processing in the Production of Queso Fresco Cheese. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 4, p. FEP153-FEP158, 2004.

SCOLLARD, P. G.; BERESFORD, T. P.; NEEDS, E. C.; MURPHY, P. M.; KELLY, A. L. Plasmin activity, β -lactoglobulin denaturation and proteolysis in high pressure treated milk. **International Dairy Journal**, v. 10, n. 12, p. 835-841, 2000.

TAVEIRA, L. B. Aspectos físico-químicos e sensoriais do queijo reino maturado sob diferentes condições, visando à exportação. 2013.

TREVISAN, M.; KROGH, V.; FARINARO, E.; PANICO, S.; MANCINI, M. Calcium-rich foods and blood pressure: findings from the Italian National Research Council Study (the Nine Communities Study). **American journal of epidemiology**, v. 127, n. 6, p. 1155-1163, 1988.

TRUJILLO, A. J.; CAPELLAS, M.; BUFFA, M.; ROYO, C.; GERVILLA, R.; FELIPE, X.; SENDRA, E.; SALDO, J.; FERRAGUT, V.; GUAMIS, B. Application of high pressure treatment for cheese production. **Food Research International**, v. 33, n. 3-4, p. 311-316, 2000.

TRUJILLO, A. J.; CAPELLAS, M.; SALDO, J.; GERVILLA, R.; GUAMIS, B. Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 3, n. 4, p. 295-307, 2002.

VOIGT, D. D.; CHEVALIER, F.; QIAN, M. C.; KELLY, A. L. Effect of high-pressure treatment on microbiology, proteolysis, lipolysis and levels of flavour compounds in mature blue-veined cheese. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 68-77, 2010.

WALTHER, B.; SCHMID, A.; SIEBER, R.; WEHRMÜLLER, K. Cheese in nutrition and health. **Dairy Science and Technology**, v. 88, n. 4-5, p. 389-405, 2008.

WOLFSCHOON-POMBO, A.; LIMA, A. D. Extensão e profundidade de proteólise em queijo Minas Frescal. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 44, n. 261-266, p. 50-52, 1989.

WYNESS, L. A.; BUTRISS, J. L.; STANNER, S. A. Reducing the population's sodium intake: the UK Food Standards Agency's salt reduction programme. **Public Health Nutr**, v. 15, n. 2, p. 254-61, Feb 2012.

YORDANOV, D.; ANGELOVA, G. High pressure processing for foods preserving. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 24, n. 3, p. 1940-1945, 2010.

YUAN, G.-F.; CHEN, X.-E.; LI, D. Conjugated linolenic acids and their bioactivities: a review. **Food & function**, v. 5, n. 7, p. 1360-1368, 2014.

ZAMORA, A.; FERRAGUT, V.; QUEVEDO, J. M.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A.-J. Ultra-high pressure homogenisation of milk: technological aspects of cheese-making and microbial shelf life of a starter-free fresh cheese. **Journal of Dairy Research**, v. 79, n. 02, p. 168-175, 2012.

CONCLUSÕES FINAIS

Baseado na revisão efetuada, nos resultados obtidos a partir dos experimentos realizados no presente estudo, bem como na discussão realizada, pode-se concluir:

A principal fonte de sódio na alimentação é o “sal comum” (NaCl). Embora a ingestão adequada de sódio seja necessária ao bom funcionamento do organismo, o consumo de quantidades excessivas de sódio está associado a doenças como hipertensão arterial. Estudos têm sido realizados para promoção do consumo de alimentos com baixo teor de sal, e algumas estratégias como o uso da alta pressão hidrostática na redução do teor de sódio em alimentos processados foram discutidas no Capítulo I.

A redução do consumo de sódio tornou-se prioridade para órgãos do governo e para a indústria alimentícia. No entanto, nota-se que a falta de informação sobre a ingestão de sal na maioria dos países pode potencializar seu consumo excessivo. No capítulo II, quando se investigou o uso de maiores teores de sal na formulação dos queijos, o resultado para a concentração ótima de sal de acordo com os consumidores foi considerada elevada, o que sugere que os consumidores, em geral, gostam de queijos mais salgados. Ainda, notou-se pouca influência da informação dos malefícios do consumo excessivo de sal na tomada de decisão do consumidor.

O sal desempenha papel essencial na produção de queijos. Por isso, torna-se um desafio para a indústria de lácteos reduzir o teor de sódio sem comprometer a aceitação sensorial do produto, e viabilizar um desempenho tecnológico alternativo satisfatório. Neste sentido foi possível através do Capítulo III investigar o efeito das concentrações de sal e sua relação com o método de salga empregado. A concentração de sal apresentou maior efeito para os parâmetros umidade, cinzas, proteína, sódio, cálcio e rendimento. Teores de sal mais elevados no processo de salga resultaram em aumento de rendimento. A influência do processo de salga e das concentrações de sal utilizados no teste sensorial foi determinante na aceitação do produto.

No Capítulo IV a Alta Pressão Hidrostática afetou significativamente as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais para os queijos Minas Frescal pressurizados reduzidos de sódio. Queijos pressurizados apresentaram-se mais amarelos comparados ao queijo controle. A Alta Pressão influenciou positivamente na redução dos microrganismos indesejáveis. Pressão de 400 MPa e teor de sal de 70% indicaram potencial a ser melhor explorado para aumento da percepção do gosto salgado. APH influenciou aumento da atividade antioxidante, proteolítica e atividade antihipertensiva dos queijos pressurizados, quando comparados ao controle.

Dessa forma, recomenda-se o incentivo ao trabalho conjunto das instituições de pesquisa, indústrias de alimentos e órgãos reguladores da saúde visando alcançar a meta de redução do consumo de sal, bem como maior investigação para encontrar a melhor condição de utilização da alta pressão na formulação de produtos com redução do teor de sódio.

Alternatives to reduce sodium in processed foods and the potential of high pressure technology

Fernando Morais RODRIGUES^{1*}, Amauri ROSENTHAL², Júlia Hauck TIBURSKI^{1,2}, Adriano Gomes da CRUZ²

Abstract

In most industrialized countries, the sodium intake exceeds the nutritional recommendations. In this sense the search for healthier foods has led the food industry to review their formulations in relation to food components such as salt, which is associated with increased risk of chronic diseases. As a result, different strategies for reducing salt levels in processed foods have been investigated. Among the technological options available, the high-pressure processing has stood out by presenting intrinsic technological advantages that can contribute to optimization of food formulations with low / reduced sodium contents. This review provides a brief overview of the key strategies and use of high pressure in the development of reduced-salt products.

Keywords: salt reduction; excessive consumption; technological options; High Pressure Processing (HPP); hypertension risk.

Practical application: Alternatives to sodium reduction in processed foods are presented in this study, and can serve as a reference source for future joint studies of research institutions, food industries, and regulatory health agencies. Although sodium chloride has relevant technological and sensory functions in food products, excess consumption may lead to the risk of cardiovascular diseases. Salt replacement by other salts and ingredients are discussed, in particular, the potential use of high pressure technology.

1 Introduction

Reducing salt levels in processed food has been one of the goals of the food industry (World Health Organization, 2011). Although sodium chloride is an essential nutrient for maintenance of health, excessive consumption is associated with the development of cardiovascular diseases, hypertension, neurological diseases, osteoporosis, gastric cancer, kidney disease, asthma, and obesity (Doyle & Glass, 2010; He & MacGregor, 2010; Wyness et al., 2012). Therefore, the World Health Organization (WHO) recommends reducing sodium in order to promote health (World Health Organization, 2011). Accordingly, there is a growing interest in producing low sodium foods. However, salt is an important ingredient in foods concerning the technological and sensorial aspects, thus characteristics such as taste and texture may be affected when it is reduced in the formulation (Desmond, 2006), influencing consumers' acceptance (Saint-Eve et al., 2009).

In Brazil, recent report has shown that most sodium source is originated from the table salt (NaCl) (Collucci, 2013). Despite low-sodium products have been found in some markets, the production of these items with satisfactory sensory acceptance and technological performance is still a challenge (Dos Santos et al., 2015a, b; Agarwal et al., 2011; Cruz et al., 2011). Therefore, several studies (Noort et al., 2010) have been conducted to find alternatives that enable to keep the same functionality, but with partial reduction or even total elimination of sodium from formulations. Among them, processing of low sodium foods, especially meat (Alifo et al., 2009; Campagnol et al., 2012;

Ruusunen et al., 2005b) and cheese (Felicio et al., 2016; Lollo et al., 2015; Ganesan et al., 2014; Gomes et al., 2011; Grummer et al., 2013) has gained much attention.

Alternative technologies such as the use of high hydrostatic pressure (Crehan et al., 2000; Ozturk et al., 2013), replacement by sodium potassium (Aliño et al., 2010; Pojedinec et al., 2011), natural flavor enhancers (Jimenez-Maroto et al., 2013) and encapsulation of salt crystals (Noort et al., 2012) have been studied to reduce salt and/or to increase the perception of salty taste in food.

This review is intended to provide possible techniques as alternative for salt reduction in processed foods, particularly high hydrostatic pressure as a strategy for development of low sodium processed foods.

2 Strategies for reducing salt in processed foods

The setting targets to reduce salt levels have stimulated the search for innovative techniques and methods. It is emphasized that success in techniques to reduce salt levels in food is a multidimensional problem, involving the nature of the product, its composition, and the type of industrial processing (Ruusunen & Puolanne, 2005a). Common approaches include reducing the amount of salt added during food processing (Aaslyng et al., 2014; Corral et al., 2013; Paulsen et al., 2014), replacement with low-sodium blends (KCl, CaCl₂ or MgCl₂) (Armenteros et al., 2012; Campagnol et al., 2012;

Received 10 Aug., 2015

Accepted 07 Oct., 2015

¹ Food Technology Department, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica, RJ, Brazil

² Embrapa Food Technology, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

³ Food Department, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

*Corresponding author: fernandomorais@ufrj.edu.br

Figura 1. Publicação do artigo na revista Food Science and Technology



Figura 2. Certificado de apresentação do Capítulo II no Simpósio Latino Americano de Ciência dos Alimentos

Dr
Amauri Rosenthal
Embrapa
Food Technology
Av. das Americas 29501
BRA-23020-470 Rio de Janeiro

Kongres Kompagniet A/S
www.kongreskompagniet.dk
CVR-nr.: 32 16 15 88
DOKK1, Hæck Kampmanns Plads 5, 3
DK-8000 Aarhus C
Tlf: +45 86 00 00 00
cigr2016@kongreskompagniet.dk

Aarhus, 19.04.16

Dear Amauri Rosenthal,

It is my privilege to inform you that the Scientific Committee of CIGR-AgEng 2016 has accepted your abstract "Effect of salting method on physicochemical and sensory characteristics of Minas Frescal" cheese " as a POSTER.

Your poster is allocated in the subsession "Food processing, technologies and influence on nutrition, losses and flavour" on Wednesday 29.06.2016 at 08.30-10.00 where the poster must be manned by you. Poster viewing is also possible during breaks, particularly the lunch break. We ask you to allocate some time to be available at your poster stand for questions and discussions during these breaks.

Please mount your poster on Wednesday 29.06.2016 at 08.15 latest and take it down 16.00 latest. Your poster must be in English. The size of your poster: **width 95 cm and height 110 cm (portrait, not landscape).**

Your poster-ID number - **6.3-P142** - indicates the position of the display board.

Posters cannot be displayed during the entire conference - they are changed each day and therefore we ask you to take down your poster the same day. Posters not taken down by the end of the day will be removed by students and may not be available for later pick up.

You or one of your co-authors must be registered for the conference otherwise the abstract will not be published. If you are not yet registered for the conference please fill in a registration form and submit as soon as possible. Please note that you can register at a reduced fee before 30 April 2016.

Registration form, programme etc are available at conferences.au.dk/cigr-2016/

Looking forward to seeing you in Aarhus.

On behalf of the Scientific Committee

KongresKompagniet
e-mail: cigr2016@kongreskompagniet.dk

Figura 3. Carta de aceite para apresentação do Capítulo III no International Conference on Agricultural Engineering



Figura 4. Certificado de apresentação do Capítulo IV no X Fórum da Pós Graduação da UFRRJ.



Figura 5. Menção honrosa pela apresentação do Capítulo IV no X Fórum da Pós Graduação da UFRRJ