



**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Rio de Janeiro**

Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

**PROCESSAMENTO DE QUEIJO MINAS FRESCAL COM LEITE PASTEURIZADO
POR AQUECIMENTO ÔHMICO**

Ramon da Silva Rocha

Rio de Janeiro – RJ
2018

Ramon da Silva Rocha

**PROCESSAMENTO DE QUEIJO MINAS FRESCAL COM LEITE PASTEURIZADO
POR AQUECIMENTO ÔHMICO**

Dissertação de Mestrado apresentada como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Orientador:

Prof. Dr. Adriano Gomes da Cruz

Prof^a. Dr^a. Marcia Cristina da Silva

Prof^a. Dr^a. Maria Carmela Kasnowski Holanda Duarte

**Rio de Janeiro
2018**

PROCESSAMENTO DE QUEIJO MINAS FRESCAL COM LEITE PASTEURIZADO POR AQUECIMENTO ÔHMICO

Dissertação de Mestrado apresentada como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Data da aprovação:

Prof. Dr. Adriano Gomes da Cruz (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ

Prof. Dr. Erick Almeida Esmerino

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Prof^a. Dr^a. Karen Signori Pereira

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Prof. Dr. Flávio Napole Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ

2018
LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema geral do aparelho ôhmico	16
Figura 2	Equipamento de Aquecimento Ôhmico (AO) do IFRJ	21
Figura 3	Fluxograma de produção do queijo Minas Frescal	23
Figura 4	Perfil térmico	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Contagem microbiológica dos queijos	28
Tabela 2	Características físico-químicas do queijo MF	30
Tabela 3	Análise sensorial	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UHT	Ultra High Temperature
AO	Aquecimento Ohmico
MF	Minas Frescal
g	Gramas
HTST	High Temperature Short Time
pH	Potencial de Hidrogênio
°C	Graus Celsius
s	Segundos
IFRJ	Instituto Federal do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
V	Volts
Q	Queijo
mL	Mililitro
IN	Instrução Normativa
rpm	Rotações Por Minuto
H	Hora
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
FAP	Fatty Acid Profile
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
ECA	Enzima Conversora de Angiotensina
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada

UFC	Unidades Formadoras de Colônia
CBHAM	Contagem de Bactérias Heterotrofilas Aeróbias Mesófilas
CPP	Contagem Padrão em Placas
CLSI	Clinical and Laboratory Standards Institute
DTA	Doenças Transmitidas por Alimentos
mm	Milímetro
uL	Microlitro
v/v	Volume por Volume

Rocha, R.S. Processamento de queijo Minas Frescal com leite pasteurizado por aquecimento ôhmico. 41p. Dissertação de Mestrado, apresentado ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia de Alimentos- IFRJ, Campus Maracanã, 2018.

RESUMO

A preocupação por parte das indústrias em produzir alimentos seguros, com características sensoriais aceitáveis e composição nutricional adequada vem se tornando cada vez mais frequente. Fato que se deve ao aumento de um público consumidor cada vez mais preocupado com os alimentos que irão consumir. Com isso, a utilização do aquecimento ôhmico (AO) se mostra uma alternativa promissora a ser utilizada pela indústria, tendo em vista sua capacidade de manter as principais características do alimento. O objetivo deste presente trabalho foi desenvolver um estudo descritivo e comparativo das propriedades físico-químicas, microbiológicas, e sensoriais do queijo minas frescal produzido com leite pasteurizado por aquecimento ôhmico, bem como sua aceitação por parte dos consumidores. Os resultados mostram que o AO se mostrou eficiente na eliminação de microrganismos patogênicos e deteriorantes durante o processamento, garantindo assim um produto seguro para consumo. Além de características físico-químicas se manterem dentro do preconizado pela legislação, tendo um produto aceito sensorialmente pelos consumidores.

Palavras-chaves: tecnologia emergente; tecnologia não convencional de conservação; aquecimento ôhmico; queijo minas frescal.

Rocha, R.S. Processing of Minas Frescal Cheese using Milk submitted to ohmic heating. 41p. Dissertação de Mestrado, apresentado ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia de Alimentos- IFRJ, Campus Maracanã, 2018.

SUMMARY

The concern about safe assets with sensory characteristics and nutritional capacity has become more and more frequent. Fact that should a raise of a traditional promote more and more worried about the foods that make consume. This is due to the increase of a consumer who is increasingly worried about the food they will ingest. Therefore, the use of ohmic heating (OH) is a promising alternative to be used by the industry, considering its ability to maintain the main characteristics of the food. The objective of this present work was to develop a descriptive and comparative study of the physical-chemical, microbiological and sensorial properties of the minas frescal cheese produced with milk pasteurized by ohmic heating, as well as its sensory acceptance by the consumers. The results show that the AO was efficient in eliminating pathogenic and deteriorating microorganisms during processing, thus guaranteeing a safe product for consumption, being the similar results compared to conventional processing. In addition, the physico-chemical parameters remain within the recommended by the Brazilian Legislation. Overall, ohmic heating is a interesting technique to be used in milk to manufacture Minas frescal cheese. Keywords: emergent technology, non-conventional technology of conservation, ohmic heating, minas frescal cheese.

Keywords: emergent technology; non-conventional technology of conservation; ohmic heating; minas frescal cheese.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
3	JUSTIFICATIVA	13
4	REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1	QUEIJO MINAS FRESCAL	14
4.2	TECNOLOGIA EMERGENTE	15
4.3	EQUIPAMENTO DE AQUECIMENTO OHMICO	15
4.4	AQUECIMENTO OHMICO E TRATAMENTO TÉRMICO CONVENCIONAL	17
4.5	AQUECIMENTO OHMICO NA ELIMINAÇÃO DE PATOGENOS	19
4.6	INTERFERÊNCIA DO AO NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS	19
5	METODOLOGIA	21
5.1	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO ÔHMICO	21
5.2	OBTENÇÃO E TRATAMENTO DO LEITE CRU	22
5.3	PROCESSAMENTO DO QUEIJO MINAS FRESCAL	22
5.4	PERFIL TÉRMICO	23
5.5	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	23
5.5.1	<i>Medição do pH das amostras de QMF</i>	23
5.5.2	<i>Determinação do teor de gordura: método butirométrico</i>	24
5.5.3	<i>Determinação da umidade do QMF</i>	24
5.5.4	<i>Determinação teor de proteína</i>	24
5.6	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	25
5.6.1	<i>Análise microbiológica do queijo Minas Frescal</i>	25
5.7	ANÁLISE SENSORIAL	26
5.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1	PERFIL TÉRMICO	27
6.2	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	28
6.3	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	29
6.4	ANÁLISE SENSORIAL	31
7	CONCLUSÃO	32
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

A preocupação por parte das indústrias em fornecer produtos isentos de patógenos e com composição nutricional satisfatória se torna cada vez mais comum no mercado atual, fato que se deve ao aumento de um mercado consumidor mais exigente. Com isso, é elucidado que os tratamentos térmicos convencionais utilizados pelas indústrias geram perdas importantes para a qualidade do alimento, como redução na quantidade de micro e macro nutrientes, e também perda nas características sensoriais.

Na indústria de laticínios, existem dois tratamentos térmicos que são comumente utilizados quando se busca a eliminação de microrganismos, que são a pasteurização convencional (72°C por 15 segundos) e *Ultra High Temperature* (UHT), porém, esses processos apesar de conseguirem eliminar os principais patógenos e deteriorantes para os alimentos e também garantir a segurança microbiológica durante o prazo comercial do produto, podem gerar a perda de características importantes já citadas acima.

O leite e seus derivados estão entre os produtos alimentícios mais consumidos pela população brasileira, principalmente os queijos e seus variados tipos. O queijo minas frescal é um queijo de origem brasileira, tendo como principal característica ser um produto de alta umidade, e que conseqüentemente faz dele um alimento com prazo de validade curto. Além dessas características, é um queijo que está inserido na dieta da população, sendo encontrado facilmente nos mercados e possui boa aceitação sensorial.

Por conta disso, a busca por tecnologias inovadoras e que consigam gerar um produto com boa aceitação e ao mesmo tempo atendendo a todos os requisitos físicos, químicos e microbiológicos vem se tornando frequente. Nesse aspecto surgem as tecnologias emergentes, que visam estender a validade comercial do produto, atendendo as legislações vigentes, manutenção das características sensoriais e nutricionais, desenvolvimento de novas propriedades funcionais nos alimentos, além de gerar menor impacto ambiental, melhorando assim a sustentabilidade na cadeia alimentar.

O aquecimento ôhmico (AO) é uma das tecnologias emergentes que vem sendo estudada com maior frequência nos últimos anos. É uma tecnologia que converte a energia elétrica em energia térmica, e a forma de dissipação do

calor na matriz alimentícia é mais uniforme e rápida e sem gerar gradientes de temperatura no produto.

O AO se mostra eficaz também no que se refere a eliminação de microrganismos deteriorantes e patogênicos. Sua ação nas bactérias é devido a formação de poros na parede celular, o que gera uma perda de compostos importantes para a célula e posterior lise. Essa tecnologia se mostra eficaz também na eliminação de esporos bacterianos, características essas que fazem o produto apresentar estabilidade microbiológica durante seu prazo comercial.

2 OBJETIVO

Desenvolver um estudo descritivo e comparativo das propriedades físico-químicas, microbiológicas, e sensoriais do queijo minas frescal produzido com leite pasteurizado por aquecimento ôhmico, bem como sua aceitação por parte dos consumidores. Nessa perspectiva, os objetivos específicos foram:

- Avaliar as características físico-químicas do queijo minas frescal processado com leite pasteurizado por aquecimento ôhmico, compreendendo umidade, gordura e proteína;
- Avaliar o efeito do processamento ôhmico nas características microbiológicas do queijo minas frescal, verificando se o mesmo encontra-se próprio para consumo;
- Realizar a análise sensorial do produto, a fim de se avaliar a aceitação sensorial do consumidores;
- Contribuir na construção do conhecimento científico a respeito do aquecimento ôhmico bem como as características físicas e químicas geradas em produtos lácteos, em particular queijos.

3 JUSTIFICATIVA

A preocupação por parte das indústrias em produzir alimentos seguros, com características sensoriais aceitáveis e composição nutricional adequada vem se tornando cada vez mais frequente. Fato que se deve ao aumento de um público consumidor cada vez mais preocupado com os alimentos que irão consumir. Com isso, a utilização do aquecimento ôhmico (AO) se mostra uma alternativa promissora a ser utilizada pela indústria, tendo em vista sua capacidade de manter as principais características do alimento. Juntamente a isso, a escolha do queijo minas frescal se deve a fato de o mesmo já ser um produto comumente consumido por toda população brasileira, estando assim inserido na dieta, e de fácil acesso a todos. Devido à junção de uma tecnologia emergente com um produto de alto consumo, essa matriz se torna altamente valorizada e com grande potencial de mercado.

Além desses fatores, as pesquisas científicas relacionadas ao AO vem sendo crescente nos últimos anos, sendo cada vez mais frequente a publicação de teses e artigos a respeito do tema, com objetivo de elucidar a respeito do processamento, e de suas consequências para o produto final.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 QUEIJO MINAS FRESCAL (MF)

Entende-se por queijo o produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácidos orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes (BRASIL, 1996).

A fabricação de queijos é um dos setores que mais movimentam a indústria de laticínios no Brasil (DANTAS *et al.*, 2016). Em paralelo, o consumo de queijos possui grande aceitabilidade por parte dos consumidores, se tornando um dos derivados mais consumidos pela população (aproximadamente 30g/ pessoa/dia), a qual se destaca o queijo Minas Frescal que ocupa a terceira colocação entre os queijos mais consumidos no Brasil, sendo ainda um produto que favorece a manutenção da saúde através da dieta (LOLLO *et al.*, 2015; NUNES e CALDAS, 2017; PERIN *et al.*, 2017).

Segundo Dantas e colaboradores (2016) entre os produtos lácteos brasileiros, o queijo Minas Frescal possui grande importância econômica para as indústrias, tendo em vista seu alto rendimento de produção, custo relativamente reduzido, e fácil processo de fabricação. Contudo, a preocupação com relação ao crescimento microbiano nesse alimento é alta, motivado graças às suas características como alta umidade, baixa concentração de sal, ausência de conservantes e muitas vezes falta de um protocolo de fabricação definido (OLIVEIRA *et al.*, 2017; MAGENIS *et al.*, 2014), motivos esses que o consideram um produto que deva ser consumido em poucos dias (NUNES e CALDAS, 2017).

Tendo em vista esses fatores, a utilização do queijo MF se torna um material de estudo facilmente em acordo com a realidade do mercado consumidor do local da pesquisa.

4.2 TECNOLOGIAS EMERGENTES

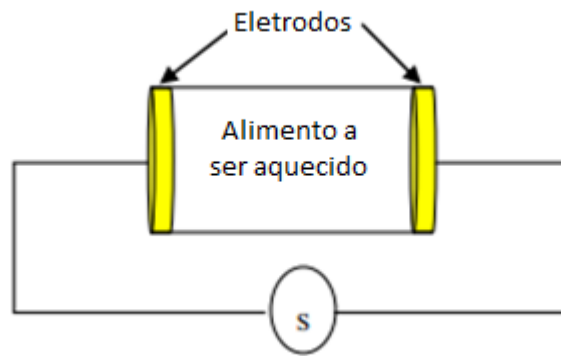
Tecnologias emergentes podem ser definidas como tecnologia que estão sendo ou que serão desenvolvidos nos próximos 10 anos, incluindo robóticas avançadas, biotecnologias, novos equipamentos com mais agilidade e melhor resultado de processamento, e que visam a melhoria do serviço bem como para o meio ambiente (SUN, 2014).

No processamento de alimentos, existem diversas tecnologias que são consideradas emergentes, como, por exemplo, aquecimento ôhmico, plasma frio, alta pressão hidrostática, micro-ondas, ultravioleta. Tecnologias essas que visam o aprimoramento do processamento de alimentos, com diversos benefícios nutricionais, sensoriais, econômicos, e ambientais (MISRA *et al.*, 2017). Por se tratar de novas tecnologias, segundo Jermann e colaboradores (2015), algumas barreiras ainda são limitantes para implementação dessas tecnologias, como o alto custo de instalação, falta de conhecimento sobre todas as variáveis de processo, bem como sua interação com as diferentes matrizes alimentícias.

Entretanto, as tecnologias emergentes já se mostram alternativas futuras positivas para o processamento de alimentos. Em especial o aquecimento ôhmico, que é capaz de gerar um aquecimento rápido e uniforme no produto, minimizando a formação de compostos aromáticos indesejáveis (*off-flavour*) e evitando perdas nutricionais no alimento (CAPPATO *et al.*, 2017a).

4.3 EQUIPAMENTO DE AQUECIMENTO OHMICO

O desenho de um equipamento ôhmico possui partes em comum, como por exemplo, um par de eletrodos (podendo haver mais de dois), uma câmara ou tubo por onde permanece o alimento durante o processamento, e também uma fonte de energia, responsável por abastecer o sistema do aparelho através dos eletrodos (COSTA *et al.*, 2018; SAKR e LIU, 2014).



Fonte: Adaptado de Sakr e Liu, 2014.
 Figura 1: Esquema geral do aparelho ôhmico.

Alguns termos são importantes para o processo de aquecimento ôhmico, tais como: condutividade elétrica¹, formato da onda e frequência², voltagem³, e potência dissipada - efeito Joule, em que a resistência elétrica resulta em uma força na direção oposta ao movimento da carga elétrica. Essa força origina a realização de transferência de energia no sistema (ICIER, 2012; SILVA, SANTOS e SILVA, 2017).

O aquecimento ôhmico tem este nome devido à Lei de Ohm, representada pela equação 1.0:

$$V = R \times I$$

Onde V = voltagem, R = resistência elétrica e I = corrente elétrica.

O campo elétrico é o fator que mais possui influência no aquecimento do material. Ele é definido pela corrente, potência e tensão aplicada no processo, considerando a distância entre os eletrodos, logo, uma dependência quadrática (ICIER, 2012). A área e a forma do eletrodo, bem como a característica do alimento são fatores que podem influenciar o campo elétrico formado (pode ser expresso por V/cm) (LEITE, TRIBST e CRISTIANINI, 2017).

Em um modelo de aquecimento ôhmico, o controle do processo se torna indispensável, e para isso é importante controlar parâmetros como medição de temperatura, possíveis formações de pontos quentes ou “frios”,

¹ Propriedade mais crítica, que afeta a taxa de aquecimento e depende da composição do alimento a ser aquecido. Uma substância é considerada condutora se houver uma alta mobilidade de carga elétrica

² Fatores que podem levar a mudanças na taxa de aquecimento e afetar a condutividade do alimento. As ondas podem ser senoidais ou serrilhadas, e quadradas.

³ Tensão dos elétrons, que é a medida da capacidade de mover uma carga elétrica através de um resistor.

distribuição correta da condutividade elétrica, recipiente em que o alimento ficará durante o processo, entre outros fatores (JAEGER *et al.*, 2016; KAMONPATANA *et al.*, 2013a; KAMONPATANA *et al.*, 2013b). Ou seja, o desenho técnico do aparelho se torna importante, evitando assim uma não uniforme distribuição de temperatura e conseqüente erro no processo.

Além disso, pode ser considerado um modelo de geração de calor interna, ou seja, não dependendo de trocas de calor durante o processo (KNIRSCH *et al.*, 2010).

4.4 AQUECIMENTO OHMICO (AO) E TRATAMENTO TÉRMICO CONVENCIONAL

Dentre as tecnologias emergentes, o AO se mostra uma alternativa bastante viável de ser aplicada em laticínios (CAPPATO *et al.*, 2017; CAPPATO *et al.*, 2018b), sua primeira aplicação correu nos anos de 1920, também em uma matriz láctea (MISRA *et al.*, 2017). Com o passar dos anos, estudos cada vez mais frequentes e detalhados passaram a ser feitos investigando o comportamento do leite e seus derivados ao serem submetidos ao aquecimento ôhmico, visando sempre um produto seguro para consumo, o desenvolvimento de novos produtos (PEREIRA *et al.*, 2018), como por exemplo bebida láctea de acerola (CAPPATO *et al.*, 2017a; CAPPATO *et al.*, 2017b) e com preservação das características nutricionais, a qual se tem como exemplo a menor degradação de vitamina C e menor escurecimento de fórmulas infantis tratadas com o ôhmico se comparada com a injeção de vapor direto no alimento, como demonstrado por Courel e colaboradores (2011).

O AO, assim como outras tecnologias emergentes, buscam de uma maneira geral alcançar os seguintes resultados: respeito às normas e legislação de alimentos, estender a validade comercial do produto, manutenção das características sensoriais e nutricionais, desenvolver novas propriedades funcionais nos produtos, além de um menor impacto ambiental (LEITE, TRIBST e CRISTIANINI, 2017), e podem ser divididas em térmicas (aquecimento ôhmico, por exemplo) e não térmicas (plasma frio, por exemplo) (MISRA *et al.*, 2017).

O aumento do número de pesquisas sobre o assunto vem ampliando as possibilidades de aplicação do AO, hoje já é possível ver pesquisas que utilizam essa tecnologia para o descongelamento, branqueamento, extração, desidratação, além de claro, esterilização e pasteurização (AAMIR e JITTANIT, 2017; DUYGU e ÜMIT, 2015; GUIDA *et al.*, 2013; SAKR e SHULI LIU, 2014).

O AO se baseia na conversão de energia elétrica em energia térmica. Os produtos a serem aquecidos são alocados entre dois ou mais eletrodos dentro de um sistema de corrente elétrica. O processo pode ser realizado com lotes ou então por fluxo contínuo (JAEGER *et al.*, 2016). Uma das grandes vantagens do aquecimento ôhmico é que o calor é dissipado no alimento de forma mais rápida e uniforme (CHO *et al.*, 2017), fato que se deve a presença de íons livres do alimento, favorecendo assim o aquecimento da matriz alimentícia. A conversão de energia elétrica em energia térmica é de quase 100%, como relatado por pesquisas recentes (STÉPHANIE *et al.*, 2016).

A intensidade do campo elétrico das variáveis de processo mais importantes no que se refere ao aquecimento pela eletricidade, intensidade essa que pode mudar de acordo com a tensão aplicada e também a condutividade elétrica da matriz a ser aquecida. Alguns fatores influenciam diretamente a condutividade elétrica do alimento, como por exemplo, a composição nutricional, viscosidade, temperatura, e claro, a presença de componentes não condutores, a qual se pode citar as gorduras (ZAREIFARD *et al.*, 2014), o que implica dizer que alimentos gordurosos podem ter maior dificuldade nesse tipo de tecnologia.

Dois modos de aquecimento em alta temperatura em tempo curto (HTST) são comumente utilizados por laticínio no processamento de leite. No modo indireto, o leite é separado do fluido de aquecimento (vapor ou água quente sob pressão) por uma parede enquanto o segundo caso é misturado com o fluido de aquecimento (STÉPHANIE *et al.*, 2016). Os principais objetivos do processamento térmico convencional nos alimentos é garantir a segurança microbiológica, aumentar o prazo comercial dos alimentos através da destruição de microrganismos e enzimas (VARGHESE; PANDEY e RADHAKRISHNA, 2014), e por se tratar de um aquecimento através da transferência de calor, a transferência de calor e condutividade térmica são fatores importantes para o rápido aquecimento do produto (JAEGER *et al.*,

2016). No entanto, os tratamentos térmicos convencionais podem causar perdas nutricionais e sensoriais para o produto, como desnaturação de proteínas, isomerização de açúcar, e ocorrência da reação de Maillard (ROUX *et al.*, 2016). Sendo assim, o AO uma alternativa com grandes potenciais para as indústrias.

4.5 AQUECIMENTO ÔHMICO NA ELIMINAÇÃO DE PATÓGENOS

O queijo Minas Frescal possui um curto prazo comercial devido ao seu teor de umidade elevado, e baixo teor de sal. Se tornando um produto que deve ser consumido em um período curto de tempo (OLIVEIRA *et al.*, 2017) e suscetível a proliferação microbológica.

A inativação microbiana se dá entre vários fatores, através do calor, e no caso do aquecimento ôhmico, também devido ao acúmulo de cargas na membrana celular, o que gera a formação de poros e posterior lise celular. O AO se mostra eficaz também na destruição de esporos bacterianos, sendo capaz de eliminar, por exemplo, bactérias do gênero *Bacillus* e *Clostridium* (SMARTINS *et al.*, 2007; RYANG *et al.*, 2016; SOMAVAT *et al.*, 2012; SOMAVAT, MOHAMED e SASTRY, 2013), microrganismos esses causadores de surtos alimentares, e em alguns casos, deterioração de alguns derivados lácteos (FURTADO, 2017).

Ishita e Athmaselvi (2017) em estudo recente, verificaram a alteração no pH e coloração de sucos de fruta. Sendo o pH um fator importante para o desenvolvimento microbológico no produto.

Com isso, já é elucidado que não só a indústria de laticínios possa vir a se beneficiar com esta tecnologia. Outras matrizes também se mostram favoráveis para o aquecimento através de energia elétrica.

Porém, a composição nutricional dos alimentos pode gerar interferência direta na eficácia do processo. Kim e Kang (2015), em estudo recente, verificaram a interferência do teor de gordura presente no leite na eficiência do aquecimento ôhmico. Os microrganismos testados foram os que estão relacionados a doenças de origem alimentar, são eles: *E. coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes*. Os autores chegaram à

conclusão que quanto menor o teor de gordura no leite, menor o tempo necessário de tratamento térmico.

4.6 INTERFERÊNCIA DO AQUECIMENTO ÔHMICO NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DO PRODUTO

As técnicas de análise sensorial são ferramentas de grande importância para melhoria do produto final. Na indústria alimentícia, um passo determinante no desenvolvimento de novos produtos e reformulação produtos já existentes, é a seleção de uma formulação final que esteja de acordo com preferências do consumidor, sendo possível chegar a essas conclusões com as análises sensoriais (BRUZZONE *et al.*, 2015).

O tratamento ôhmico pode gerar alterações nas características sensoriais dos produtos, tais como sabor, textura, aroma, cor e também na distribuição de sal (NaCl) no produto, como relatado por diversos autores (JAEGER *et al.*, 2016; LASCORZ *et al.*, 2016; PEDERSEN *et al.*, 2016).

Contudo, devido ao fato de uma exposição mais rápida e uniforme ao calor, compostos aromáticos termo-sensíveis são mais preservados, o que pode favorecer a característica sensorial do produto (SASTRY *et al.*, 2014).

5 METODOLOGIA

Toda a etapa experimental e de produção do presente projeto foi realizada nas instalações do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), bem como nos laboratórios da Universidade Federal Fluminense (UFF).

5.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO ÔHMICO

O aparelho ôhmico está instalado no laboratório de Processamento de Alimentos. Ele possui dois eletrodos de aço inoxidável "tipo 316" com 9 cm de comprimento, um provedor de tensão (DDP), uma cuba para o alimento a ser aquecido, um termopar, um agitador e 3 multímetros para medição das variáveis, que correspondem a temperatura, voltagem e também corrente alternada. O equipamento ôhmico trabalha com uma variação de voltagem entre 0V e 140V, à 60Hz.

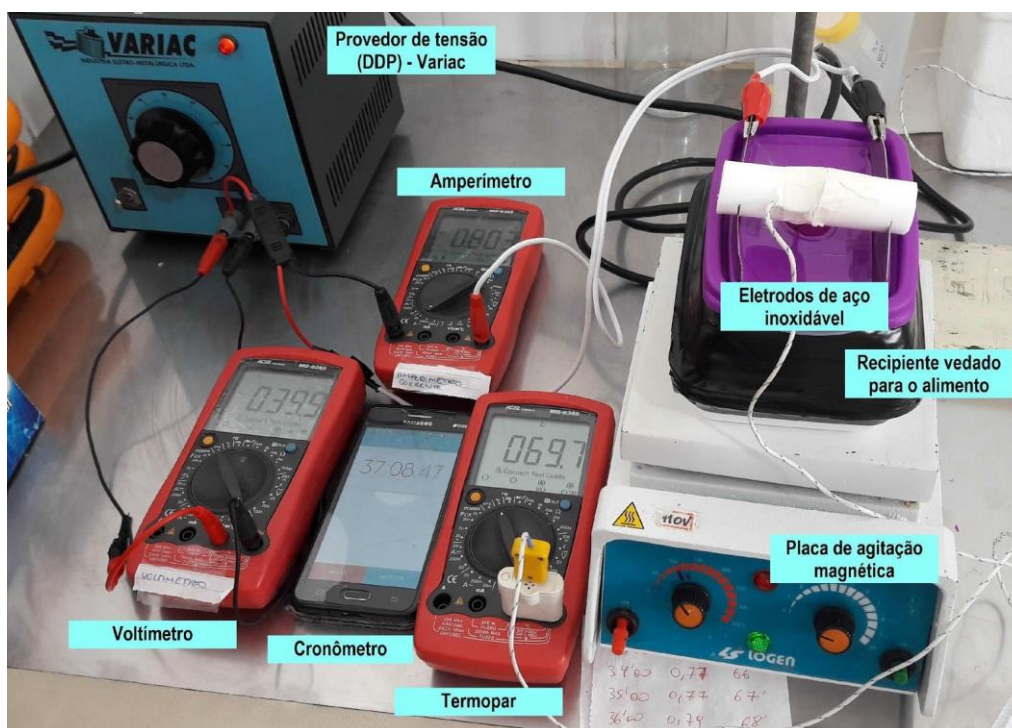


Figura 2: Equipamento de Aquecimento Ôhmico (AO) do Laboratório de Processamento de Alimentos do IFRJ

5.2. OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DO LEITE PELO MÉTODO CONVENCIONAL E POR AQUECIMENTO ÔHMICO

O leite cru refrigerado utilizado para a produção do queijo foi obtido na Cooperativa de Produtores de Leite Barra Mansa, Barra Mansa - RJ, sendo transportado para o laboratório de Processamento de Alimentos, em embalagens térmicas, na temperatura de 4°C. Após a chegada, o leite foi então submetido aos seguintes tratamentos: pasteurização convencional rápida (72°C/15s, queijo QI) e aquecimento ôhmico (40V, 80V, e 120V, ou 4, 8, 12 V/cm até atingir a temperatura de 72°-75C/15s, correspondendo as amostras QII, QIII, e QIV respectivamente), conforme metodologia utilizada por Cappato *et al.*, (2018) com modificações. Em todos os processos após chegar a temperatura adequada, as amostras foram imersas imediatamente em banho de gelo para promover o resfriamento rápido para 7°C. Os leites foram armazenados em refrigeração para serem utilizados para produzir os queijos no dia seguinte.

5.3 PROCESSAMENTO DO QUEIJO MINAS FRESCAL

A produção do queijo minas frescal seguiu tecnologia descrita por Dantas e colaboradores (2016), porém com modificações. Foi utilizado leite pasteurizado como matéria prima com 3,0% de gordura, cloreto de cálcio 0,2% e coalho líquido. Os ingredientes foram adicionados ao leite no tanque de fabricação de camisa dupla, e após 35 minutos em que a coalhada se apresentou firme, foi realizado o corte da massa em grãos que variam de número 1 e 2, com 1,0cm a 1,5cm de aresta (lira horizontal e vertical). Após o repouso de dois minutos da massa foi realizada a mexedura por 20 minutos com intervalos de 1 minuto entre séries de 5 minutos, facilitando a sinérese (saída do soro da massa). Posteriormente foram realizadas as etapas de dessoragem, pré-prensagem e enformagem. A etapa de salga foi feita diretamente na massa. Posteriormente os queijos foram enformados, embalados em sacos plásticos e mantidos em refrigeração durante 14 dias em temperatura de 5°C para realização das análises físico-químicas, microbiológicas e sensorial.

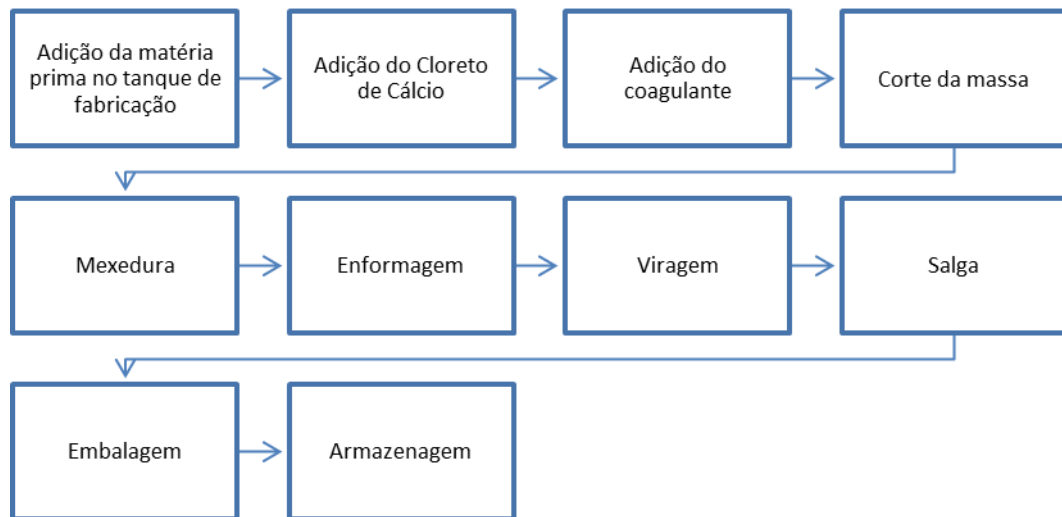


Figura 3: Fluxograma de produção do queijo Minas Frescal.

5.4 PERFIL TÉRMICO

A metodologia utilizada para elaboração do gráfico tempo/temperatura foi baseada na descrita por Costa *et al.* (2018) com modificações. Para esta metodologia, durante o processo de AO, marcações de temperatura foram feitas em intervalos de 15 em 15 segundos, até que se atingisse a temperatura de 72°C. O mesmo ocorreu com a amostra pasteurizada pelo processo convencional. Os valores foram então tabulados e gerado um gráfico contendo um eixo para o tempo, e outro para temperatura.

5.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Foram realizadas análises do produto em estocagem nos dias 1, 7, e 14. Compreendendo teor de gordura, umidade e proteína. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

5.5.1 pH

O pH (potencial de hidrogênio) foi determinado utilizando o pHmêtro digital da marca QUIMIS. Para a realização desta análise, 20g da amostra foi homogeneizada com 20mL de água destilada (BRASIL, 2006), logo após, o eletrodo juntamente com a sonda de temperatura foram imersos na amostra

para leitura do pH. A leitura deve ser feita somente quando estabilizar o valor no painel do equipamento. Essa análise torna-se importante principalmente por questões de aceitação sensorial.

5.5.2 Gordura

A determinação do teor de matéria gorda no queijo seguiu a metodologia descrita na Instrução Normativa n.63/2008 (BRASIL, 2006), que descreve os métodos analíticos físico-químicos oficiais para produtos lácteos. Para esta análise, 3g da amostra foram pesados e transferidos para o butirômetro. Logo após, foram adicionados 5mL de água destilada, 10mL de solução de ácido sulfúrico, e 1mL de álcool isoamílico. O butirômetro foi então levado ao banho maria para melhorar a dissolução da amostra, e depois sendo centrifugado a 10 minutos a 1200 rpm. A leitura do teor (em porcentagem) de gordura foi feita diretamente na escala do próprio butirômetro de Gerber.

5.5.3 Umidade

A umidade foi determinada pela perda de massa em condições nas quais, água e substâncias voláteis são removidas. O resíduo obtido após evaporação representa os sólidos totais da amostra (BRASIL, 2006). Para esta análise, é utilizada a metodologia de diferença de peso da amostra entre o processo de secagem em estufa a 102°C. Foram feitas várias pesagens em intervalor de 1h, até que o peso tenha ficado constante. Logo após, foi aplicado a formula para se chegar ao valor final de umidade.

$$Umidade = \frac{100 * n}{P}$$

Onde: n = Peso inicial – peso final (peso em g de umidade) e P = Peso em g da amostra

5.5.4 Proteína

A determinação do teor de proteína seguiu metodologia de Kjeldahl, preconizada na Instrução Normativa nº 68 (BRASIL, 2006) e também realizada

por Felicio e colaboradores (2016) também em estudo com queijo Minas Frescal. Esta análise se baseia na pesagem de 1,0g da amostra que foi transferida para o balão de Kjeldahl, para então ser adicionada de 5g de mistura catalítica, 20mL de ácido sulfúrico p.a. Em seguida levou-se para o aquecimento no digestor (400°C) até emissão de vapor branco. Quando o líquido se torna límpido, deixa esfriar e adiciona-se 30mL de água destilada. Em seguida, é adicionado no balão de digestão 4 grânulos de zinco metálico, e depois solução de hidróxido de sódio 50% até que a solução fique com a cor preta. Em seguida proceder com a etapa de titulação com ácido sulfúrico 0,1N até a viragem do indicador.

5.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

5.6.1 Análise microbiológica do queijo Minas Frescal

A metodologia adotada foi a estabelecida na Instrução Normativa (IN) nº 62 (BRASIL, 2003) e os resultados obtidos foram comparados com padrões preconizados na no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do queijo Minas Frescal (BRASIL, 1996). A inocuidade do produto final foi avaliada pela contagem padrão em placas (CPP) e enumeração de coliformes a 35°C e 45°C, pelo método de tubos múltiplos. Para a realização da técnica de tubos múltiplos, o produto foi diluído até 10^{-3} e então feita a inoculação de 1mL das diluições em séries contento 9 tubos de Caldo Lauril, sendo a primeira série de 3 tubos para a 10^{-1} , a segunda série de 3 tubos para 10^{-2} , e a última série com os demais tubos para a 10^{-3} . Caso dê positivo nessa etapa (presuntiva), caracterizado pela turvação do meio e formação de gás no tubo de Duahran, a etapa confirmativa deve ser feita, utilizando caldo Verde Brilhante e Caldo Escherichia coli (Merck, Rio de Janeiro, Brasil) . As análises microbiológicas foram realizadas em triplicada, um dia após a processamento do queijo minas frescal (D1).

5.7 ANÁLISE SENSORIAL

Por conter experimento com seres humanos, o projeto foi submetido ao comitê de ética do IFRJ, sendo aprovado com sob o número de registro: 72095317.0.0000.5268.

A análise sensorial foi baseada no teste afetivo de escala hedônica de 9 pontos, utilizando 92 consumidores. Os consumidores avaliaram atributos como sabor, textura, cor e aroma, e em cima disso, deram a nota de aceitação global, que variava de: 1 desgostei extremamente à 9 gostei extremamente, conforme metodologia descrita por CRUZ *et al.*, (2011b).

5.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

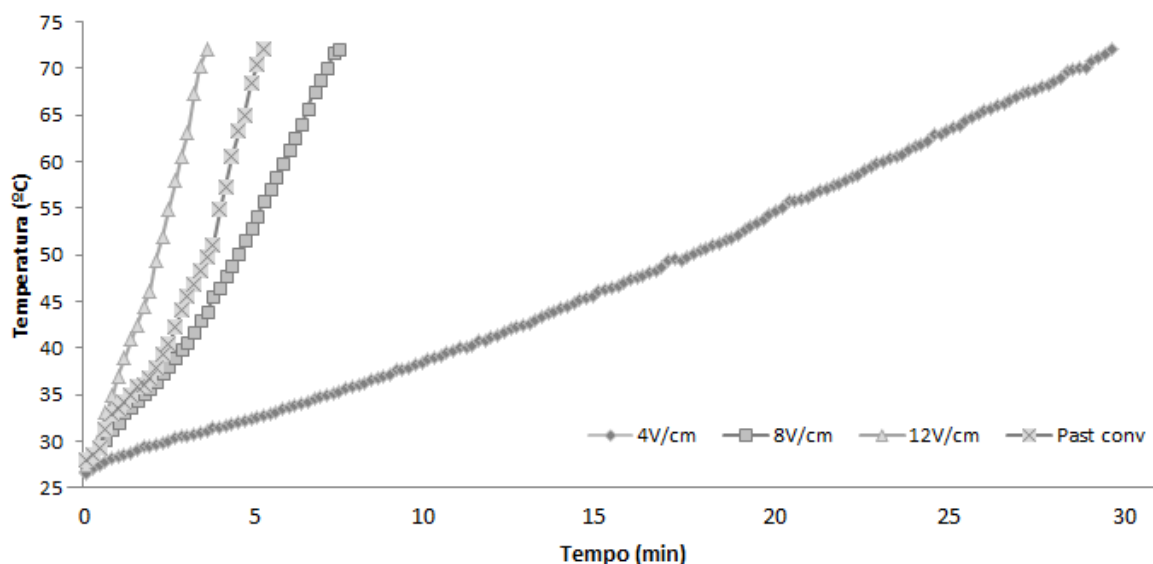
Os resultados das análises físico-químicas, microbiológicas, e sensoriais foram avaliados através da análise estatística descritiva, utilizando a Análise de Variância e teste de Tukey ($p < 0,05$), com o apoio do programa XLSTAT 2018.5 (Adinsoft, Paris-França).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 PERFIL TÉRMICO

O perfil térmico do alimento durante o tratamento térmico é de extrema importância para se avaliar o seu comportamento até atingir a temperatura desejada. Sakr e Liu (2014) reforçam que para que ocorra o aquecimento do alimento durante o aquecimento ôhmico, alguns fatores inerentes ao produto são importantes e podem ou não favorecer o aumento de temperatura.

Figura 1. Perfil térmico do leite cru integral submetido ao aquecimento ôhmico e a pasteurização convencional. Em ambos os processos atingindo o mesmo binômio tempo/temperatura. Past conv, 4V/cm, 8V/cm, 12V/cm representam,



respectivamente, a pasteurização convencional e o AO sobre diferentes voltagens (40V, 80V e 120V).

Uma observação nas curvas de aquecimento das diferentes amostras (Qc, QI, QII e QIII) mostra que pelo AO é possível sim atingir a temperatura desejada em um tempo menor do que a pasteurização convencional (Qc). A aplicação de uma alta voltagem levou o leite a temperatura desejada em 190 segundos (QIII), tempo menor do que o feito pela pasteurização convencional que foi de 280 segundos (Qc). Como a voltagem aplicada implica diretamente na taxa de

aquecimento, observa-se um aumento no tempo nas demais amostras, como 400 segundos (QII), e 1620 segundos (QI).

Costa et al. (2018), em estudo com bebida a base de soro processada por aquecimento ôhmico, também chegou a conclusão semelhantes em relação ao perfil térmico. Nessa ocasião, os autores ao utilizarem uma voltagem de 9V/cm, atingiram 72°C com mais rapidez do que a pasteurização convencional e as demais voltagens (menores) no aquecimento ôhmico.

Esses valores reforçam o fato de que quando se deseja um aquecimento mais rápido, sendo assim menos prejudicial para compostos voláteis e também nutricionais, a aplicação de uma maior voltagem se torna necessário, como observado acima.

6.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DOS QUEIJOS

Tabela 1. Contagem microbiológica dos queijos

Queijo	<i>Coliformes 35°C (UFC/g)</i>	<i>Coliformes 45°C (NMP/g)</i>	<i>Bactérias aeróbias mesófilas (UFC/g)</i>
Qc	$6,3 \times 10^2$	<3,0	$2,2 \times 10^3$
QI	$2,4 \times 10^2$	<3,0	$5,0 \times 10^3$
QII	$3,5 \times 10^2$	<3,0	$8,6 \times 10^2$
QIII	$1,9 \times 10^2$	<3,0	$3,1 \times 10^2$

*Qc= queijo com leite pasteurizado, QI= queijo com leite tratado termicamente pelo aquecimento ôhmico (4V/cm), QII= queijo com leite tratado termicamente pelo aquecimento ôhmico (8V/cm), QIII= queijo com leite tratado termicamente pelo aquecimento ôhmico (12V/cm).

Muitos estudos tem reportado que além do aquecimento, efeitos não térmicos (eletroporação) gerados pelo AO são capazes de eliminar microrganismos presentes do alimento (KNIRSCH *et al.*, 2010), esse fenômeno ocorre normalmente quando se aplica baixas frequências (50-60 Hz) (FDA, 2000) . Sobre os coliformes a 35°C, as quatro (Qc, QI, QII e QIII) amostras demonstraram estar dentro do preconizado pela legislação vigente, que é máximo de 10⁵UFC/g (BRASIL, 1996). Os coliformes a 35°C são importantes indicadores de condições higiênico-sanitárias durante a produção, além de indicarem se o tratamento térmico foi realizado da maneira correta.

Kim e Kang (2018), verificaram uma redução na população de *E. coli* quando aplicado aquecimento ôhmico. *E. coli* se encaixa dentro do grupo de coliformes 45°C, a qual tem um limite menor na legislação vigente, tendo em vista o alto risco das bactérias desse grupo para a saúde pública, vide a *Escherichia coli* (Aijuka *et al.*, 2018).

Bactérias aeróbias mesófilas apesar de não constarem na legislação de queijos, são bons microrganismos indicadores sobre eficiência do tratamento térmico e também de boas práticas de fabricação. Filho *et al.* (2018) também utilizaram está análise visando analisar a eficácia de uma outra tecnologia emergente em alimentos (radiação), o que reforça sua importância para conhecimento do processo e seus efeitos sobre os microrganismos presentes no alimento pré e pró processado termicamente.

Independente da voltagem aplicada, todos os tratamentos se mostraram eficazes na eliminação dos microrganismos pesquisados.

6.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Tabela 2. Características Físico-Químicas do Queijo Minas Frescal

Queijo	Umidade (%)	Gordura	Proteínas
Qc	56,0 ^b ± 1,15	14,0 ^c ± 0,50	17,1 ^a ± 0,23
QI	61,0 ^a ± 1,52	16,0 ^{bc} ± 0,35	17,5 ^a ± 0,45
QII	58,0 ^b ± 0,57	16,0 ^b ± 0,40	16,9 ^a ± 0,89
QIII	56,0 ^b ± 1,52	18 ^a ± 0,57	17,3 ^a ± 0,56

*Qc= queijo com leite pasteurizado, QI= queijo com leite tratado termicamente pelo aquecimento ôhmico (4V/cm), QII= queijo com leite tratado termicamente pelo aquecimento ôhmico (8V/cm), QIII= queijo com leite tratado termicamente pelo aquecimento ôhmico (12V/cm). Letras minúsculas iguais na mesma coluna não representa diferença estatística ($p < 0,05$).

A umidade é um fator crucial e que caracteriza o queijo minas frescal, estando preconizado pela legislação do produto (BRASIL, 1996). Por se tratar de um queijo de alta umidade, espera-se a obtenção de um queijo com valores de umidade superiores a 55%. As quatro amostras atenderam a esse requisito, obtendo resultados estatisticamente semelhantes. O mesmo estudo foi feito com queijo Minas Frescal produzido no Mato Grosso do Sul, nesse estudo, Sandri *et al* (2015) acharam valores que variavam entre 41% e 73%.

O teor de gordura também é outro fator importante para as características sensoriais do produto. Sabe-se que o teor de gordura varia no leite conforme estação do ano, alimentação do animal e período de lactação (RAKO *et al.*, 2018), e o mesmo influencia na produção de queijos, que são classificados como Extra Gordo ou Duplo Creme: quando contenham o mínimo de 60%; Gordos: quando contenham entre 45,0 e 59,9%; Semigordo: quando contenham entre 25,0 e 44,9%; Magros: quando contenham entre 10,0 e 24,9%; Desnatados: quando contenham menos de 10,0% (BRASIL, 1996). Tanto as amostras processadas pelo aquecimento ôhmico (QI, QII e QIII) quanto pelo processo térmico convencional (Qc) apresentaram valores que se encaixam na categoria de queijos magros.

Assim como a gordura tem importância tecnológica, as proteínas também exercem essa função, pelo fato de estarem diretamente ligada ao processo de coagulação. Todas as amostras obtiveram resultados estatísticos semelhantes.

6.4 ANÁLISE SENSORIAL

Tabela 3. Análise Sensorial dos Queijos

Queijo	Aceitação Global
Qc	6,56 ^a ± 1.24
QI	7,02 ^b ± 1.32
QII	7,33 ^b ± 1.01
QIII	7,72 ^b ± 1.12

*Valores médios de 92 consumidores usando escala hedônica de 9 pontos (1 = desgostei extremamente; 5 = não gostei nem desgostei; 9 = gostei extremamente), Letras iguais na mesma coluna não representa diferença estatística ($p < 0,05$), Qc= queijo com leite pasteurizado, QI= queijo com leite tratado termicamente pelo aquecimento ôhmico

Técnicas de análise sensorial são importantes ferramentas para melhoria de produtos (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Desta forma, a aceitação global pode dizer muito sobre se o processo tecnológico aplicado no produto. Tendo em vista o limite máximo da escala corresponder a 9 (gostei extremamente), as amostras dos dois tratamentos obtiveram boa aceitação. O destaque é visto na amostra QIII (12V/cm), que obteve a maior nota neste atributo. Isso ocorreu possivelmente pelo menor tempo de exposição ao calor nesse tratamento, uma vez que altas voltagens aquecem mais rápido o produto (ver figura 4), preservando suas características componentes importantes para as características organolépticas do produto.

7 CONCLUSÃO

A utilização de tecnologias que permitem a produção de alimentos mantendo suas características físico-químicas e sensoriais, e ao mesmo tempo seguro para o consumo, vem se mostrando uma solução para a substituição das tecnologias convencionais.

Os resultados mostram que o AO se mostrou eficiente na para atender aos quesitos citados acima, com a elaboração de um produto com grande potencial de mercado.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AAMIR, M., JITTANIT, W. Ohmic heating treatment for Gac aril oil extraction: Effects on extraction efficiency, physical properties and some bioactive compounds. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 41, p. 224-234, 2017.

AIJUKA, M., SANTIAGO, A. E., GIRÓN, J. A., NATARO, J. P., BUYS, E. M. Enteroaggregative *Escherichia coli* is the predominant diarrheagenic *E. coli* pathotype among irrigation water and food sources in South Africa. *International Journal of Food Microbiology*, v.278, p.44–51, 2018.

AMARAL, G.V., SILVA, E.K., CAVALCANTI, R.N., MARTINS, C.P.C., ANDRADE, L.G.Z.S., MORAES, J., ALVARENGA, V.O., GUIMARÃES, J.T., ESMERINO, E.A., FREITAS, M.Q., SILVA, M.C., RAICES, R.S.L., SANT'ANA, A.S., MEIRELES, M.A.A., CRUZ, A.G. Whey-grape juice drink processed by supercritical carbon dioxide technology: physicochemical characteristics, bioactive compounds and volatile profile. *Food Chemistry*, v.239, n. 2, p.697-703, 2018.

ARTURSSON, K., SCHELIN, J., LAMBERTZ, S. T., HANSSON, I., & ENGVALL, E. O. Foodborne pathogens in unpasteurized milk in Sweden. *International journal of food microbiology*, 2018.

AYYASH, M., AL-NUAIMI, A. K., AL-MAHADIN, S., LIU, S. Q. In vitro investigation of anticancer and ACE-inhibiting activity, α -amylase and α -glucosidase inhibition, and antioxidant activity of camel milk fermented with camel milk probiotic: A comparative study with fermented bovine milk. *Food chemistry*, v.239, p.588-597, 2018.

BAPTISTA, D.P., DIANA DA SILVA ARAÚJO, F., EBERLIN, M.N., GIGANTE, M.L. Reduction of 25% salt in Prato cheese does not affect proteolysis and sensory acceptance. *International Dairy Journal*, v.75, p.101-110, 2017.

BASILICATA, M. G., PEPE, G., SOMMELLA, E., OSTACOLO, C., MANFR, M., SOSTO, G., PAGANO, G., NOVELLINO, E., CAMPIGLIA, P. Peptidome profiles and bioactivity elucidation of buffalo-milk dairy products after gastrointestinal digestion. *Food research International*, v. 105, p.1003-1010, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 de dezembro de 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Aprova o Regulamento técnico de identidade e qualidade de queijos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 de março de 1996.

BRUZZONE, F. L. VIDAL, L. ANTÚNEZ, A. GIMÉNEZ, R. DELIZA; G. ARES. Comparison of intensity scales and CATA questions in new product development: Sensory characterization and directions for product reformulation of milk desserts. *Food Quality and Preference*, v.44, p.183–193, 2015.

CAPPATO, L. P., FERREIRA, M. V. S., GUIMARÃES, J. T., PORTELA, J. B., COSTA, A. L. R., FREITAS, M.Q., CUNHA, R.L., OLIVEIRA, C.A.F., MERCALI, G.D.,

MARZACK, L.D.F., CRUZ, A.G. Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. *Trends in Food Science & Technology*, v.62, p.104–112, 2017.

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, 2011a.

CRUZ, A. G.; CADENA, R.S. ; FARIA, J. A. F. ; OLIVEIRA, C. A. F. ; CAVALCANTE, R. N.; BONA, E. ; BOLINI, H. M. A. ; SILVA, M. A. A. P. . Consumer acceptability and purchase intent of probiotic yoghurt with added glucose oxidase using sensometrics, artificial neural networks and logistic regression. *International Journal of Dairy Technology* , v. 64, p. 549-556, 2011b.

CAPPATO, L. P., FERREIRA, M. V. S., PIRES, R. P., CAVALCANTI, R. N., BISSAGIO, R. C., FREITAS, M. Q., SILVA, M. C., CRUZ, A. G. Whey acerola-flavoured drink submitted Ohmic Heating processing: Is there an optimal combination of the operational parameters? *Food Chemistry*, v.245, p.22-28, 2018b.

CAPPATO, L.P., FERREIRA, M.V.S., MORAES, J., PIRES, R.P., ROCHA, R.S., SILVA, R., NETO, R.P.C., TAVARES, M.I.B., FREITAS, M.Q., RODRIGUES, F.N., CALADO, V.M.A., RAICES, R.S.L., SILVA, M.C., CRUZ, A.G. Whey acerola-flavoured drink submitted Ohmic Heating: Bioactive compounds, antioxidant capacity, thermal behavior, water mobility, fatty acid profile and volatile compounds. *Food Chemistry*, v.263, p.81-88, 2018a.

CHAI, J., JIANG, P., WANG, P., JIANG, Y., LI, D., BAO, W., LIU, B., LIU, B., ZHAO, L., NORDE, W., YUAN, Q., REN, F., LI, Y., The intelligent delivery systems for bioactive compounds in foods: Physicochemical and physiological conditions, absorption mechanisms, obstacles and responsive strategies, *Trends in Food Science & Technology*, v.78, p.144-154, 2018.

CLSI, 2012. Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests, Approved Standard—Eleventh edition. Clinical and Laboratory Standards Institute M02-A11, CLSI, Wayne, PA, 2015.

COSTA, N.R., CAPPATO, L.P., FERREIRA, M.V.S., PIRES, R.P.S., MORAS, J., ESMERINO, E.A., SILVA, R., NETO, R.P.C., TAVARES, M.I.T., FREITAS, M.Q., JÚNIOR, R.N.S., RODRIGUES, F.N., BISAGGIOF, R.C., CAVALCANTI, R.N., RAICES, R.S.L., SILVA, M.C., CRUZ, A.G. Ohmic Heating: A potential technology for sweet whey processing. *Food Research International*, v.106, p.771-779, 2018.

COUREL, M., ROUX, S., PAIN, J.-P., BIRLOUEZ-ARAGON, I., MUNICINO, F., MASSA, M. Comparison of continuous ohmic heating and steam injection for the sterilization of infant formula. In: *IDF World Dairs Summit*, Parma, Italy, 2011.

DANTAS, A. B.; V. F. JESUS; R. SILVA; C. N. ALMADA; E. A. ESMERINO; L. P. CAPPATO; M. C. SILVA; R. S. L. RAICES; R. N. CAVALCANTI; C. C. CARVALHO; A. S. SANT'ANA; H. M. A. BOLINI; M. Q. FREITAS; A. G. CRUZ. Manufacture of probiotic Minas Frescal cheese with *Lactobacillus casei* Zhang. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n.1, p.18–30, 2016.

DASH, P, GHOSH, G. Proteolytic and antioxidant activity of protein fractions of seeds of *Cucurbita moschata*. *Food Bioscience*, v.18, p.1-8, 2017.

DUYGU, B., ÜMIT, G. Application of Ohmic Heating System in Meat Thawing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v.195, p.2822-2828, 2015.

USA-FDA, & United States of America, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies: *Ohmic and inductive heating*, 2000.

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.; RAICES, R.; 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, n. 1, p. 628-637, 2016.

FURTADO, M.M. Principais defeitos dos queijos – causas e prevenções: 3 ed. Setembro Editora, 2017.

GHNIMI, S., MAINGONNAT, J.F., FLACH-MALASPINA, N., DRESCH, M., (2007). Energy efficiency of an ohmic heating technology by fluid jet in food industrial process. *Proceedings of the ECEEE 2007 Summer study. Saving energy - Just do it!*, 1527-1532.

GIACOMETTI, J., BURETIĆ-TOMLJANOVIĆ, A. Peptidomics as a tool for characterizing bioactive milk peptides. *Food Chemistry*, v.230, p.91-98, 2017.

GLEESON, J. P., RYAN, S. M., BRAYDEN, D. J. Oral delivery strategies for nutraceuticals: Delivery vehicles and absorption enhancers. *Trends in Food Science & Technology*, v. 53, p.90-101. 2016.

GRANATO, D., PUTNIK, P., KOVACEVIĆ, D.B., SANTOS, J.S., CALADO, V., ROCHA, R.S., CRUZ, A.G., JARVIS, B., RODIONOVA, O.Y., POMERANTSEV, A. Trends in chemometrics: Food authentication, microbiology, and effects of processing. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.17, p.663–677, 2018.

GUIDA, V., FERRARI, G., PATARO, G., CHAMBERY, A., DI MARO, A., PARENTE, A. The effects of ohmic and conventional blanching on the nutritional, bioactive compounds and quality parameters of artichoke heads. *LWT - Food Science and Technology*, v.53, p.569-579, 2013.

HSU, P. H., LEE, C. H., KUO, L. K., KUNG, Y. C., CHEN, W. J., & TZENG, M. S. Higher Energy and Protein Intake from Enteral Nutrition May Reduce Hospital Mortality in Mechanically Ventilated Critically Ill Elderly Patients. *International Journal of Gerontology*, 2018.

HUSSON, F., LE, S., PAGES, J. Confidence ellipse for the sensory profiles obtained by principal component analysis. *Food Quality and Preference*, v.16, p.246–250, 2005.

ICIER, F. Ohmic heating of fluid foods. *Novel thermal and non-thermal technologies for fluid foods*, Academic Press, Elsevier Inc. USA, p. 305–367, 2012.

ISHITA, C.; ATHMASELVI, K.A. Changes in pH and colour of watermelon juice during ohmic heating. *International Food Research Journal*, v.24, n.2, p.741-746, 2017.

ISSHIKI, M., HIRAYAMA, S., UENO, T., ITO, M., FURUTA, A., YANO, K., YAMATANI, K., SUGIHARA, M., IDEI, M., MIIDA, M. Apolipoproteins C-II and C-III as nutritional markers unaffected by inflammation. *Clinica Chimica Acta*, v.481, p.225-230, 2018.

JAEGER, H., ROTH, A., TOEPFL, S., HOLZHAUSER, T., ENGEL, K.-H., KNORR, D., VOGEL, R.F., BANDICK, N., KULLING, S., HEINZ, V., STEINBERG, P. Opinion on the use of ohmic heating for the treatment of foods, *Trends in Food Science & Technology*, v. 55, p. 84-97, 2016.

JERMANN, C., KOUTCHMA, T., MARGAS, E., LEADLEY, C., ROS-POLSKI, V. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v.31, p.14-27, 2015.

JESUS FILHO, M. DE, SCOLFORO, C. Z., SARAIVA, S. H., PINHEIRO, C. J. G., SILVA, P. I., DELLA LUCIA, S. M. Physicochemical, microbiological and sensory acceptance alterations of strawberries caused by gamma radiation and storage time. *Scientia Horticulturae*, v.238, p.187–194, 2018.

K. SHIBY VARGHESE; M. C. PANDEY, K. RADHAKRISHNA; A. S. BAWA. Technology, applications and modelling of ohmic heating: a review. *Journal of Food Science and Technology*, v.51, n.10, p.2304–2317, 2014.

KARLSSON, A.O. ; IPSEN, R.; ARDO, Y. Influence of pH and NaCl on rheological properties of rennet induced casein gels made from UF concentrated skim milk. *International Dairy Journal*, v.17, p.1053–1062, 2007.

KAMONPATANA, P., MOHAMED, H. M. H., SHYNKARYK, M., HESKITT, B., YOUSEF, A. E., SASTRY, S. K. Mathematical Modeling and Microbiological Verification of Ohmic Heating of a Multicomponent Mixture of Particles in a Continuous Flow Ohmic Heater System with Electric Field Parallel to Flow. *Journal of Food Science*, v.78, p.1721-1734, 2013a.

KAMONPATANA, P., MOHAMED, H. M. H., SHYNKARYK, M., HESKITT, B., YOUSEF, A. E., SASTRY, S. K. (2013b). Mathematical modeling and microbiological verification of ohmic 809 heating of a solid-liquid mixture in a continuous flow ohmic heater system with 810 electric field perpendicular to flow. *Journal of Food Engineering*, v.118, p.312-325, 2013b.

KIM, S.S.; KANG, D.H. Effect of milk fat content on the performance of ohmic heating for inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella enterica Serovar Typhimurium and Listeria monocytogenes. *Journal of Applied Microbiology*. v.119, p.475-486, 2015.

KNIRSCH, M. C., DOS SANTOS, C. A., DE OLIVEIRA SOARES, A. A. M., PENNA, T. C. V. Ohmic heating—a review. *Trends in food science & technology*, v.21, n.9, p.436-441, 2010.

LAURINDO, J. B., PELEG, M. Mechanical measurements in puffed rice cakes. *Journal of Texture Studies*, v.38, p.619–634, 2007.

LASCORZ, D; TORELLA, E; LYNG, J, G, ARROYO, C. The potential of ohmic heating as an alternative to steam for heat processing shrimps. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v.37, p. 329-335, 2016.

LEITE, T.S., TRIBST, A., CRISTIANINI, M. Possibilidades e desafios no uso de aquecimento ôhmico para o processamento de alimentos. *B.CEPPA*, Curitiba, v. 35, n. 2, 2017.

LIYANAARACHCHI, W.S., VASILJEVIC, T. Caseins and their interactions that modify heat aggregation of whey proteins in commercial dairy mixtures, *International Dairy Journal*, v.83, p.43-51, 2018.

MAGENIS, R.B.; PRUDÊNCIO, E.S.; FRITZEN-FREIRE, C.B.; STEPHAN, M.P.; EGITO, A.S.Do; DAGUER, H. Rheological, physicochemical and authenticity assessment of Minas Frescal cheese. *Food Control*, v.45, p.22-28, 2014.

MARTINS, P.R., TEIXEIRA, M.C., VICENTE, A.A. Death kinetics of *Escherichia coli* in goat milk and *Bacillus licheniformis* in cloudberry jam treated by ohmic heating. *Chemical Papers*, v.61, p.121-126, 2007.

MATERA, J., LUNA, A.S., BARROS, D.B., PIMENTEL, T.C., MORAES, J., KAMIMURA, B.A., FERREIRA, M.V.S., SILVA, H.L.A., MATHIAS, S.P., ESMERINO, E.A., FREITAS, M.Q., RAICES, R.S.L., QUITÉRIO, S.L., SANT'ANA, A.S., SILVA, M.C., CRUZ, A.G. Brazilian cheeses: A survey covering physicochemical characteristics, mineral content, fatty acid profile and volatile compounds. *Food Research International*, v.108, p.18-26, 2018.

MIRALLES, B., HERNÁNDEZ-LEDESMA, B., FERNÁNDEZ-TOMÉ, S., AMIGO, L., RECIO, I. Proteins in Food Processing, 2 ed. p.523,568, 2017.

MISRA, N. N., KOUBAA, M., ROOHINEJAD, S., JULIANO, P., ALPAS, H., INÁCIO, R. S., SARAIVA, J.A., BARBA, F. J. Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*, v.97, p.318-339, 2017.

NUNES, M. M., CALDAS, E. D. Preliminary Quantitative Microbial Risk Assessment for *Staphylococcus enterotoxins* in fresh Minas cheese, a popular food in Brazil. *Food Control*, v.73, p. 524-531, 2017.

OH, Y. S. Bioactive Compounds and Their Neuroprotective Effects. In: Diabetic Complications. *Nutrients*, 8, pp.472-472, 2016.

OLIVEIRA, E. W.; ESMERINO, E.; A.; THOMAS CARR, B.; PINTO, L. P. F.; SILVA, H. L.A.; PIMENTEL, T. C.; BOLINI, H. M. A.; CRUZ, A. G.; FREITAS, M. Q. Reformulating Minas Frescal cheese using consumers' perceptions: Insights from intensity scales and check-all-that-apply questionnaires. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 8, 2017.

OSIMANI, A., AQUILANTI, L., CLEMENTI, F. *Bacillus cereus* foodborne outbreaks in mass catering. *International Journal of Hospitality Management*, v.72, p.145-153, 2018.

PEDERSEN, S, J; FEYISSA, A, H; KAVLI, S, T, B; FROSCH, S. An investigation on the application of ohmic heating of cold water shrimp and brine mixtures. *Journal of Food Engineering*, v. 179, p.28-35, 2016.

PEREIRA, R.N., TEIXEIRA, J.A., VICENTE, A.A., CAPPATO, L.P., FERREIRA, M.V.S., ROCHA, R.S., CRUZ, A.G. Ohmic Heating for the dairy industry: a potential technology to develop probiotic dairy foods in association with modifications of whey protein structure. *Current Opinion in Food Science*, v. 22, p. 95-101, 2018.

PERIN, L. M., SANDARO, M. L. S., NERO, L. A., NEVIANI, E., GATTI, M. Bacterial ecology of artisanal Minas cheeses assessed by culture dependent and -independent methods. *Food Microbiology*, v.65, p.160-169, 2017.

RYANG, J.,H.; KIM, N. H.; LEE, B. S.;KIM, C.T.; RHEE, M., S. Destruction of *Bacillus cereus* spores in a thick soy bean paste (doenjang) by continuous ohmic heating with five sequential electrodes. *Letters in Applied Microbiology*, v.63, p.66-73, 2016.

SAKR, M.; SHULI LIU, S. A comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.39, p.262–269, 2014.

SANTIAGO-LÓPEZ, L., AGUILAR-TOALÁ, J. E., HERNÁNDEZ-MENDOZA, A., VALLEJO-CORDOBA, B., LICEAGA, A. M., GONZÁLEZ-CÓRDOVA, A. F. Invited review: Bioactive compounds produced during cheese ripening and health effects associated with aged cheese consumption. *Journal of dairy science*, v.101, n.5, p.3742-3757, 2018.

SASTRY, S., HESKITT, B., SARANG, S., SOMAVAT, R., AYOTTE, K. Why Ohmic Heating? Advantages, Applications, Technology, and Limitations. In: *Ohmic Heating in Food Processing*, pp. 7-14, *CRC Press*, 2014.

SILVA, V. L. M.; SANTOS, L. M. N. B. F.; SILVA, A. M. S. Ohmic Heating: An Emerging Concept in Organic Synthesis. *Chemistry*, v.12, n. 23, p.7853-7865, 2017.

SOMAVAT, R., MOHAMED, H. M. H., CHUNG, Y. K., YOUSEF, A. E., SASTRY, S. K. Accelerated inactivation of *Geobacillus stearothermophilus* spores by ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, v. 108, p. 69-76., 2012.

SOMAVAT, R., MOHAMED, H. M. H., SASTRY, S. K. Inactivation kinetics of *Bacillus coagulans* spores under ohmic and conventional heating. *LWT-Food Science and Technology*, v.54, p.194-198, 2012.

SPERRY, M. F., SILVA, H. L., BALTHAZAR, C. F., ESMERINO, E. A., VERRUCK, S., PRUDENCIO, E. S., NETO, R.P.C., TAVARES, M.I.B., PEIXOTO, J.C., NAZZARO, F., ROCHA, R. S., MORAES, J., GOMES, A.S.G., RAICES, R.S.L., SILVA, M.C., GRANATO, D., PIMENTEL, T.C., FREITAS, M.Q., CRUZ, A.G. Probiotic Minas Frescal cheese added with *L. casei* 01: Physicochemical and bioactivity characterization and effects on hematological/biochemical parameters of hypertensive overweighted women—A randomized double-blind pilot trial. *Journal of Functional Foods*, v.45, p.435-443, 2018.

SSEMANDA, J. N., REIJ, M. W., BAGABE, M. C., MUVUNYI, C. M., NYAMUSORE, J., JOOSTEN, H., & ZWIETERING, M. H. Estimates of the burden of illnesses related to foodborne pathogens as from the syndromic surveillance data of 2013 in Rwanda. *Microbial Risk Analysis*, v.9, p.55-63, 2018.

STÉPHANIE, R., MATHILDE, C., INÈS, B.-A., FRANCESCO, M. MARIO, M., JEANPIERRE, P. Comparative thermal impact of two UHT technologies, continuous ohmic heating and direct steam injection, on the nutritional properties of liquid infant formula. *Journal of Food Engineering*, v.179, n. 43, p.36-59, 2017.

STÉPHANIE, R., MATHILDE, C., INÈS, B.-A., FRANCESCO, M., MARIO, M., JEANPIERRE, P. Comparative thermal impact of two UHT technologies, continuous ohmic heating and direct steam injection, on the nutritional properties of liquid infant formula. *Journal of Food Engineering*, v.179, p.36-43, 2016.

Sun, D. W. Emerging technologies for food processing. *Elsevier*, 2014.

WIUM, H., QVIST, K. B., GROSS, M. Uniaxial compression of UF-Feta cheese related to sensory texture analysis. *Journal of Texture Studies*, v.28, n.4, p.455-476, 1997.

WON-IL CHO, EUN-JUNG KIM, HEE-JEONG HWANG, YUN-HWAN CHA, HEE SOON CHEON, JUN-BONG CHOI, MYONG-SOO CHUN. Continuous ohmic heating system for the pasteurization of fermented red pepper paste. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 42, p. 190-196, 2017.

ZAREIFARD, M., RAMASWAMY, H., MARCOTTE, M., KARIMI, Y. Factors Influencing Electrical Conductivity. In: *Ohmic Heating in Food Processing*, p. 53-66, editora: CRC Press, 2014.