

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

MARINA RESENDE PIMENTA PORTINARI

**Avaliação do processo de maturação do creme de leite sobre o
rendimento e a qualidade final da manteiga**

**PIRASSUNUNGA-SP
2024**

MARINA RESENDE PIMENTA PORTINARI

**Avaliação do processo de maturação do creme de leite sobre o
rendimento e a qualidade final da manteiga**

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Humberto Corassin

PIRASSUNUNGA-SP

2024

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Portinari, Marina Resende Pimenta

Avaliação do processo de maturação do creme de leite sobre o rendimento e a qualidade final da manteiga. Marina Resende Pimenta Portinari / Orientador: Prof. Dr. Carlos Humberto Corassin, Pirassununga - 2024.

82p.: 16il.; 30 cm

Tese (Doutorado) - Programa de Ciências da Engenharia de Alimentos. Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

1. Composição. 2. Creme de leite. 3. Iodo. 4. Maturação. 5. Cristalização.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: PORTINARI, Marina Resende Pimenta

Título: Avaliação do processo de maturação do creme de leite sobre o rendimento e a qualidade final da manteiga.

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos.

Aprovado em: ____/____/____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Assinatura: _____

Dedicatória

*Dedico este trabalho ao meu avô **Geraldo Alvarenga Resende**, que plantou essa semente de estudo e amor pelo trabalho em mim, mesmo que presente apenas nos meus primeiros 12 anos de vida.*

*À minha mãe **Ana Luísa Resende Pimenta**, por ser minha incansável ouvinte e apoiadora neste projeto.*

*Aos meus filhos, **Isadora e José Paulo**, por serem o motivo e a força para eu conseguir a difícil tarefa de trabalhar e estudar ao mesmo tempo.*

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ir abrir meus caminhos, pensamentos e por ter colocado pessoas especiais, para que tudo acontecesse da melhor maneira.

Aos meus filhos, Isadora e José Paulo, e ao meu marido João Batista, pela ajuda, paciência e compreensão nos momentos de estudo.

Aos meus pais, por serem meus maiores incentivadores, além de serem meus ouvintes em vários momentos da escrita.

Aos meus irmãos, pelo apoio sempre.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Humberto Corassin, por confiar na minha proposta de trabalho e me apoiar sempre, seja em suas orientações ou correções com muita competência.

Ao Daniel Smith, que com sua experiência em processos de manteiga, foi fundamental para que os experimentos, em nível industrial, fossem realizados com excelência.

E por fim, mas de extrema importância, ao Laticínio e a seus funcionários, onde cada um com sua maneira ou função sempre me apoiaram e ajudaram com muita responsabilidade em toda a jornada de análises e processos.

Apoio Financeiro

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), cujo apoio foi fundamental para a realização deste estudo.

Resumo

PORTINARI, M. R. P. **Avaliação do processo de maturação do creme de leite sobre o rendimento e a qualidade final da manteiga.** 2024. 82f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2024.

O consumo de manteiga tem crescido no mundo, assim como a exigência dos consumidores em relação à qualidade. Alterações no creme de leite comprometem as características físico-químicas, organolépticas e de rendimento da manteiga. Dentre os componentes do creme de leite, os ácidos graxos saturados e insaturados são os principais responsáveis por essas características. O presente estudo visou comparar as características físico químicas e reológicas da manteiga, com as análises físico-químicas do creme de leite, oriundo de diferenças regiões do Brasil, e que passaram por dois processos diferentes de maturação. Foram obtidos valores de índice de iodo de acordo com a localização e sazonalidade do Brasil, e avaliadas e comparadas as características físico-químicas da manteiga oriunda dos dois tratamentos térmicos de maturação. Após a produção, foram analisadas textura, propriedades sensoriais e eficiência de bateção. Os resultados, em relação ao índice de iodo, foram inferiores a $35\text{gl}_2/100^{-1}$ e não apresentaram variação em relação à origem e época do ano. Os resultados da análise de gordura do creme de leite e da manteiga, assim como da umidade não mostraram diferenças significativas entre as localidades e durante os meses avaliados. A textura da manteiga demonstrou melhor consistência em todas as amostras do creme que passou pelo processo de aquecimento, o que também foi confirmado pelas análises sensoriais no mesmo quesito de textura/espalhabilidade, além de aroma e sabor. A gordura do leite proveniente da região Sudeste apresentou maiores resultados em relação ao proveniente das regiões Sul e Centro-Oeste. As correlações de ácidos graxos existem, mas ainda precisam ser melhor estudadas e avaliadas tanto individualmente quanto em as relações de proporção entre os principais ácidos graxos saturados e insaturados presentes na manteiga, como sugerido por alguns autores recentemente. No presente estudo, concluiu-se que a maturação do creme de leite pode interferir na qualidade final da manteiga e que o processo de aquecimento no momento da maturação é um importante fator para enaltecer as principais qualidades do produto.

Palavras-chave: Composição; Creme de leite; Iodo; Maturação; Cristalização.

Abstract

PORTINARI, M. R. P. **Evaluation of maturation process of the cream on final quality of butter in Brasil.** 2024. 82f. (Doctor Degree) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2024.

The butter consumption has growing up all over the world, as well as the demand of consumers in attribute to the product quality. Changes in the milkfat aging affects physical-chemical, organoleptic and performance characteristics of the butter. Among the milkfat components, saturated and unsaturated fatty acids are the main responsible for these characteristics. The present study aimed to compare the physicochemical characteristics and rheology of the butter, with physical-chemical analysis of the milkfat from different Brazilian locations, and from two different aging process. Iodine values were obtained according to the location and seasonality of Brazil, and then evaluated and compared the physical-chemical characteristics of the butter from the two thermal aging treatments. After production, the texture, sensory properties and churning efficiency were evaluated. The results in relation to the iodine value were all lower than $35\text{gI}_2/100^{-1}$ and did not vary in relation to origin and time of year. The fat results of the milkfat and butter, as well as the humidity did not show significant differences between the localities and during the months evaluated. The texture of the butter obtained a better consistency in all samples which the milkfat aged by the heating process, which was also confirmed by the sensory analyses for same parameter of texture/spread ability, as well as aroma and flavor. Buttermilk fat from the Southeast region had higher results compared to those from the South and Midwest regions. The correlations of fatty acids still need to be better studied, even individually and the proportions between saturated and unsaturated fatty acids present in butter should be evaluated, as recently suggested by some authors. In the present study, conclude that the aging of milkfat can change the final quality of the butter and that the heating process at the aging time is an important factor in enhancing the main qualities of the product.

Keywords: Composition; Milkfat; Iodine; Maturation; Crystallization.

Lista de Figuras

| | | |
|--------------------|---|----|
| Figura 1 - | Recepção do creme de leite | 36 |
| Figura 2 - | Processo de maturação | 37 |
| Figura 3 - | Fluxograma da maturação do creme de leite..... | 38 |
| Figura 4 - | Batedeira contínua de manteiga | 39 |
| Figura 5 - | Análise de acidez do creme de leite | 40 |
| Figura 6 - | Análise de pH do creme de leite..... | 41 |
| Figura 7 - | Análise de índice de Iodo do creme de leite..... | 43 |
| Figura 8 - | Analisador Foodscan | 44 |
| Figura 9 - | Análise de textura da manteiga..... | 45 |
| Figura 10 - | Variação do índice de Iodo do creme de leite por região do Brasil ao longo de 12 meses..... | 49 |
| Figura 11 - | Variação da porcentagem da gordura do creme de leite por região do Brasil..... | 50 |
| Figura 12 - | Variação da porcentagem da gordura da manteiga por região do Brasil | 51 |
| Figura 13 - | Variação da porcentagem de umidade da manteiga por região do Brasil | 53 |
| Figura 14 - | Variação da textura da manteiga por região do Brasil em função do processamento térmico do creme..... | 54 |
| Figura 15 - | Variação da gordura do leite por região do Brasil em função do processamento térmico do creme..... | 58 |
| Figura 16 - | Atributos da análise sensorial da manteiga em função do processamento térmico do creme de leite | 60 |

Lista de Tabelas

| | | |
|--------------------|--|----|
| Tabela 1 - | Métodos de maturação do creme de leite..... | 30 |
| Tabela 2 - | Variação do índice de iodo do creme de leite por região do Brasil ao longo de 12 meses | 49 |
| Tabela 3 - | Variação da porcentagem de gordura do creme de leite por região do Brasil em função do aquecimento | 50 |
| Tabela 4 - | Variação da porcentagem de gordura da manteiga por região do Brasil em função do aquecimento | 51 |
| Tabela 5 - | Variação da porcentagem de umidade da manteiga por região do Brasil e em função do aquecimento | 52 |
| Tabela 6 - | Variação da textura da manteiga por região do Brasil em função do aquecimento..... | 54 |
| Tabela 7 - | Variação da textura da manteiga por região do Brasil em função do aquecimento e dos dias de estocagem (05 <i>versus</i> 90 dias) a 10°C..... | 55 |
| Tabela 8 - | Relação da textura da manteiga e os valores individuais dos seus principais ácidos graxos..... | 56 |
| Tabela 9 - | Relação entre textura da manteiga e seus ácidos graxos | 57 |
| Tabela 10 - | Variação da porcentagem de gordura no leiteiro proveniente da manteiga, por região do Brasil, em função do aquecimento | 58 |
| Tabela 11 - | Relação entre a eficiência de bateção da manteiga entre as regiões do Brasil e em função do aquecimento..... | 59 |
| Tabela 12 - | Análise sensorial da manteiga em função do aquecimento | 60 |

Lista de Símbolos e Abreviaturas

| | |
|-----------------|---|
| AOAC- | <i>Association of Official Analytical Chemists</i> |
| Dº- | Graus Dornic |
| FAO- | <i>Food and Agriculture Organization</i> |
| ITAL- | Instituto de Tecnologias de Alimentos |
| NIT- | Espectroscopia do infravermelho próximo |
| RIISPOA- | Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal |
| SIF- | Serviço de Inspeção Federal |
| USDA- | <i>United States Department of Agriculture</i> |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 19 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 23 |
| 2.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MANTEIGA | 24 |
| 2.2. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DO BRASIL | 25 |
| 2.3. FRAÇÃO GORDUROSA DO LEITE | 25 |
| 2.4. PROCESSAMENTO DO CREME DE LEITE | 26 |
| 2.5. CREME DE LEITE | 27 |
| 2.6. DETERMINAÇÃO DO PONTO DE FUSÃO | 28 |
| 2.7. CRISTALIZAÇÃO E MATURAÇÃO | 28 |
| 2.8. ÍNDICE DE IODO | 29 |
| 2.9. MANTEIGA | 31 |
| 2.10. LEITELHO | 31 |
| 3. OBJETIVOS..... | 32 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 34 |
| 4.1. ASPECTOS ÉTICOS | 35 |
| 4.2. LOCAL E INSTALAÇÕES | 35 |
| 4.3. ANÁLISES DOS CREMES DE LEITE | 39 |
| 4.3.1. Determinação de acidez do creme de leite por método Dornic..... | 39 |
| 4.3.2. Determinação da porcentagem de gordura no creme de leite e leiteiro (Processo“Kohler”)..... | 40 |
| 4.3.3. Determinação de Ph..... | 41 |
| 4.3.4. Determinação do índice de iodo do creme de leite pelo método volumétrico (método Wijs) | 41 |
| 4.4. ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO DAS MANTEIGAS..... | 43 |
| 4.5. ANÁLISE DE TEXTURA E ESPALHABILIDADE DAS MANTEIGAS | 44 |
| 4.6. COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DAS MANTEIGAS..... | 45 |
| 4.7. ANÁLISE SENSORIAL | 45 |
| 4.8. EFICIÊNCIA DE BATEÇÃO | 46 |
| 4.9. ANÁLISE DOS DADOS..... | 46 |
| 5. RESULTADOS | 48 |
| 5.1. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE IODO DO CREME DE LEITE | 49 |
| 5.2. PORCENTAGEM DE GORDURA NO CREME DE LEITE E MANTEIGA | 50 |
| 5.3. PORCENTAGEM DE GORDURA NO CREME DE LEITE E MANTEIGA | 52 |
| 5.4. TEXTURA DA MANTEIGA | 53 |
| 5.5. TEXTURA DA MANTEIGA APÓS 90 DIAS | 55 |
| 5.6. COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS | 55 |
| 5.7. LEITELHO | 57 |
| 5.8. EFICIÊNCIA DE BATEÇÃO | 59 |
| 5.9. ANÁLISE SENSORIAL | 59 |

| | |
|--|-----------|
| 6. DISCUSSÃO | 61 |
| 6.1. ÍNDICE DE IODO NO CREME DE LEITE | 62 |
| 6.2. PORCENTAGEM DE GORDURA..... | 63 |
| 6.3. PORCENTAGEM DE GORDURA NO LEITELHO..... | 63 |
| 6.4. TEOR DE UMIDADE NA MANTEIGA..... | 63 |
| 6.5. TEXTURA NA MANTEIGA..... | 64 |
| 6.6. TEXTURA DA MANTEIGA APÓS 90 DIAS..... | 66 |
| 6.7. COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS | 66 |
| 6.8. ANÁLISE SENSORIAL..... | 68 |
| | |
| 7. CONCLUSÕES | 70 |
| | |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 72 |
| | |
| 9. ANEXOS | 79 |
| | |
| 10. APÊNDICE | 81 |

1- Introdução

A manteiga, que inicialmente era usada para preservar a gordura do leite, é um produto lácteo apreciado em todo o mundo; existem relatos das primeiras produções artesanais desde a Idade da Pedra, assim que começaram a domesticação dos animais (KHOSROVA, 2016). Em décadas passadas, inúmeros estudos trataram a manteiga como vilã, indicando que o seu consumo poderia ocasionar problemas relacionados à saúde devido ao seu alto teor de gordura saturada, apontando principalmente doenças cardiovasculares (ARTAUD-WILD et al., 1993). Entretanto, com avanço de estudos sobre dieta e saúde, ficou demonstrado que o consumo moderado de manteiga não causa prejuízo para a saúde humana (ASTRUP et al., 2016, FONTECHA; JUÁREZ; GIL, 2023; LAMARCHE et al., 2016). Dentre os produtos presentes na alimentação humana, o leite e seus derivados destacam-se pela grande variedade de nutrientes balanceados em sua composição, dentre eles gordura, carboidratos, proteínas, minerais e vitaminas, que exercem papéis fundamentais na dieta em todas as etapas da vida. Armas, Frye e Heany (2016), Fontecha, Juárez e Gil (2023), Lordan et al. (2018) e Mortensen et al. (2011) obtiveram resultados positivos em relação à prevenção de várias doenças, com efeitos anti-inflamatórios, cognitivos, antioxidantes e anticarcinogênicos, aumento da mineralização óssea; além de acrescentar sabor e aroma para inúmeros alimentos. Sendo estes um dos motivos da manteiga estar presente em inúmeras receitas e diversos pratos dos restaurantes mais renomados no mundo; impulsionando, assim, o aumento do consumo de manteiga nos últimos anos. Atualmente, a Índia é o maior consumidor de manteiga do mundo, com produção muito próxima do seu consumo previsto de aproximadamente 6.700.000 toneladas para o ano de 2023. A Nova Zelândia, apesar de sua pequena extensão territorial tem previsão de produção para o ano de 2023 de 475.000 toneladas/ano, de acordo com o United States Department of Agriculture (USDA, 2023), além de ser o país que tem o maior consumo *per capita*, com 6 kg de manteiga por ano, e ser um dos mais expressivos produtores e exportadores de leite e derivados do mundo (USDA, 2020). Dados atuais mostram que o Brasil se encontra em 11º lugar, com produção estimada para 82.000 toneladas/ano, com consumo doméstico de 88.000 toneladas/ano, ou seja, consumo superior à produção, apesar de apresentar consumo *per capita* de apenas 0,4 kg/ano (USDA, 2023). Esses dados indicam que ainda há

mais espaço para o crescimento interno, tanto para o abastecimento do mercado atual, quanto para o crescimento do consumo *per capita* no Brasil.

A manteiga, segundo a definição do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (BRASIL, 2017), aprovado pelo Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 e Portaria 146, de 07 de março de 1996, é caracterizada como produto gorduroso, resultante da agitação e malaxagem do creme de leite pasteurizado, derivado de leite oriundo exclusivamente de vacas, em que a matéria gorda deve ser composta apenas por gordura de origem láctea, com ou sem adição de culturas lácteas. A manteiga pode ser classificada como extra ou de primeira qualidade e diferenciada segundo as avaliações sensoriais, de acordo com a Norma FIL 99A, de 1987. Ela pode ser apresentada em suas formas sem sal, com sal (2%) e, em alguns países, com sal extra. De acordo com a legislação Brasileira, a composição final do produto deve ter umidade abaixo de 16%, mínimo de 80% de gordura exclusiva do leite e podem ser ou não adicionados culturas lácteas e sal, e quando adicionado o cloreto de sódio não deve ultrapassar 2% da composição total do produto (BRASIL, 1996; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION [FAO], 2011).

Segundo Fontecha, Juárez e Gil (2023), dentre os componentes do leite, a fração gordurosa é a que pode sofrer as maiores alterações, não apenas relacionadas a fatores genéticos, mas mesmo entre indivíduos de uma mesma raça. Sendo assim, a alimentação dos animais tem grande importância na composição da gordura do leite. O creme de leite é o principal ingrediente e, dependendo da forma de produção e a não adição do sal, pode ser também o único ingrediente da manteiga; entretanto suas propriedades microbiológicas, a composição físico-química e o tipo de processamento têm impacto significativo nas características finais da manteiga, influenciando os aspectos de consistência, extremamente importantes para o produto (PATEL; ZHENG; YEUNG, 2022). Desta maneira, a composição e concentração dos diferentes ácidos graxos e a forma com que o creme de leite é processado, desde seu desnate até a bateção e forma de envase, vão influenciar diretamente a qualidade final do produto.

O uso de variados ingredientes na dieta das vacas leiteiras e de novas tecnologias industriais nos processos de bateção e envase, juntamente com os avanços em relação a

velocidade nas fases de pasteurização e resfriamento, tem alterado rapidamente a forma com que os laticínios produzem a manteiga, tornado os processos mais rápidos e eficientes, contudo com grandes desafios para manter o padrão de produto ao qual os consumidores cada vez mais exigentes esperam receber.

Sendo assim, novos estudos devem ser realizados para avaliar o comportamento do creme de leite frente a essas mudanças, com o intuito de avaliar seus efeitos na qualidade da manteiga. Para a indústria, o grande desafio é aliar o desejo dos consumidores por uma manteiga mais macia e espalhável com as novas tecnologias emergentes e a realidade da produção de leite e creme de leite tão diversa no Brasil.

2. Revisão de Literatura

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MANTEIGA

Por ser um produto muito antigo, a manteiga foi por muitos anos produzida de forma rudimentar em fazendas e cozinhas caseiras, com o passar dos anos seus métodos de fabricação foram ampliados e tecnificados para atender à crescente demanda, desde o processo de separação do creme, que foi impulsionado em 1878, com a invenção do separador, que permitiu que a separação do leite desnatado e o creme pudesse ser realizada com maior rapidez e eficiência, fazendo com que o processo gradual e lento da formação da nata formada por meio do descanso do leite, fosse substituído para o que atualmente é denominado de centrífugas separadoras. A partir de 1880, foi implementado o processo de pasteurização do creme de leite, aprimorando assim a qualidade e segurança para o consumo da manteiga, na década seguinte foi estudada a possibilidade do uso de culturas lácteas e, finalmente, a introdução das bateadeiras após 1900, que vêm sendo tecnificadas e melhoradas até os dias atuais (BYLUND, 2015; O'CALLAGHAN, 2022; PATEL; ZHENG; YEUNG, 2022). Desde então, as bateadeiras são os equipamentos do processo que mais apresentam modificações e inovações, que vão desde os processos por bateladas, obtidos pelas denominadas bateadeiras de tombo, em que tanques giratórios movimentavam para obtenção do produto desejado, até os processos industriais contínuos, mais modernos e lineares, também chamados pelo nome de seu inventor, método Fritz, em que após a bateção e extração do leitelho, a manteiga passa por duas sessões de roscas que se movimentam em sentido contrário, com sistema de vácuo entre elas, responsáveis pelas características finais da manteiga (BYLUND, 2015; O'CALLAGHAN, 2022).

O sistema de envase também passou por modificações ao longo dos anos, e o enchimento manual das variadas embalagens deu lugar para sistemas automatizados que permitem precisões de gramas para o enchimento com o produto. A maior inovação nas embalagens veio no último século com maior presença de geladeira nas casas dos consumidores. Dessa forma, produtos anteriormente embalados em latas, que permitiam melhor conservação, passaram a ser embalados em potes plásticos, e tabletes em materiais como papel aluminizado, alterando a temperatura de conservação da manteiga e também

sua apresentação e textura, quando servida na mesa do consumidor (BYLUND, 2015; NURA; 2018; PATEL; ZHENG; YEUNG, 2022).

2.2 CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DO BRASIL

Diferentemente da maioria dos países do mundo, o rebanho leiteiro do Brasil é composto principalmente por animais da raça Girolanda, genuinamente brasileira que surgiu em 1940 na região do Vale do Paraíba, São Paulo, sendo atualmente responsável por 80% da produção do leite no Brasil. Esta raça é o resultado do cruzamento dos animais em diferentes porcentagens, da raça Gir oriunda da Índia, que trouxe rusticidade ao cruzamento; com animais especialistas em produção leiteira, a raça Holandesa, oriunda de vários países como: Canadá, Estados Unidos, Holanda e Nova Zelândia (GIROLANDO, 2023). Sua influência na composição dos ácidos graxos devido as diferentes variações em suas proporções genéticas ainda precisa ser melhor estudada. Além da genética, a alimentação dos rebanhos é diversa em todo o território brasileiro, onde sistemas de pastagens e confinamento recebem diferentes proporções de ingredientes como pastagens, silagens e concentrados, além das variações climáticas das diferentes regiões do país (FREITAS; WILCOX; COSTA, 1998).

2.3 FRAÇÃO GORDUROSA DO LEITE

Os lipídios são os constituintes mais importantes do leite quanto aos aspectos econômicos e nutritivos, com capacidade de transmitir características físicas e organolépticas para os derivados do leite e representam média de 4,2% do total dos sólidos do leite. Mais de 95% dos lipídeos do leite estão presentes na forma de glóbulos de gordura, que apresentam núcleo hidrofóbico; constituído, principalmente, de triglicerídeos envoltos por uma membrana composta de fosfolipídios, glicoproteínas e enzimas (FONTECHA; JUÁREZ; GIL, 2023; O'CALLAGHAN, 2022; TONG; BERNER, 2016).

Os glóbulos de gordura são elementos estruturais do leite, envoltos por uma membrana que mede de 8-10 nm de espessura e está presente na quantidade de 10^{10}

glóbulos de gordura/ml de leite. A maioria dos glóbulos de gordura (90%) mede de 1 a 8 μm . A membrana tem sua importância na estrutura e conservação do leite, pois previne lipólise, oxidação, floculação e coalescência da gordura (BULDO; WIKKING, 2016; FONTECHA; JUÁREZ; GIL, 2023).

Os triglicerídeos são os principais componentes e correspondem a 97-98% do total de lipídios do leite, sendo o restante composto de pequenas proporções de diacilglicerol, monoglicerol, colesterol e ácidos graxos livres. Os triglicerídeos são formados por mais de quatrocentos tipos de diferentes ácidos graxos, distribuídos, em média, como: ácidos graxos saturados 10-12 carbonos (54%), monoinsaturados (29%), saturados 10 ou menos carbonos (9.2%) e poli-insaturados (>4%). As estruturas desses triglicerídeos são extremamente específicas e vêm sendo muito estudadas, pois se sabe que impactam nas principais funcionalidades e características nutricionais e sensoriais do leite e seus derivados (FONTECHA; JUÁREZ; GIL, 2023; TONG; BERNER, 2016).

2.4 PROCESSAMENTO DO CREME DE LEITE

Para produção da manteiga, é necessário o creme de leite, sua principal matéria prima, obtido por meio do processo de centrifugação do leite, que após ser termizado a 63°C, é separada a parte com maior composição de sua gordura e, então, padronizada para a obtenção da fração gordurosa desejada (O'CALLAGHAN, 2022). A partir dessa etapa, mudanças no processo de produção da manteiga podem gerar características e, conseqüentemente, denominações diferentes ao produto, podendo diferenciar com a adição ou não de alguns ingredientes como: manteiga oriunda de creme doce, ou seja, aquela produzida com creme de leite fresco, sem adição de fermento durante a maturação; ou a manteiga proveniente de creme de leite ácido, em que ocorre a adição de fermento no processo de maturação. As duas categorias apresentam benefícios diferentes, pois quando há adição do fermento, as características de aroma e sabor ficam mais ressaltadas e padronizadas, e sem a adição se produz um leitelho com maior aproveitamento e aceitação no mercado, beneficiando economicamente as indústrias, reduzindo o descarte do produto (NURA, 2018).

2.5 CREME DE LEITE

O creme de leite é a fração gordurosa extraída do leite, composta quase em sua totalidade de triglicérides (glicerol e ácidos graxos) e outros componentes como glicerídeos, esteróis, carotenoides e vitaminas (A, D, E e K). Os ácidos graxos compõem mais de 90% da gordura do leite, dentre eles os ácidos graxos saturados, sendo os de maior expressão o mirístico, palmítico e esteárico; e os insaturados, que representam 30 - 40% do total de ácidos graxos presentes no creme de leite, sendo o ácido oleico o mais significativo na sua composição. Cada um deles apresenta temperaturas diferentes em relação ao seu ponto de fusão, podendo alterar o processo de cristalização e as características finais de derivados lácteos como a manteiga (BYLUND, 2015). A concentração e o tipo dos ácidos graxos podem mudar as propriedades físicas da manteiga, tais como cristalização e temperatura de fusão, dureza e quantidade total de sólidos (STANIEWSKI et al., 2021).

A alimentação das vacas leiteiras tem impacto significativo na composição dos ácidos graxos presentes no leite e, conseqüentemente, no creme proveniente dele (LEE; MARTINI, 2019). Couvreur *et al.* (2006) e O'Callaghan (2016) demonstraram que o creme de leite proveniente do leite de animais criados a pasto apresentou maiores concentrações de ácidos graxos insaturados e uma manteiga com textura mais macia, quando comparada com a manteiga derivada de creme de leite de animais criados em sistemas intensivos e com dietas de ração total, que mostram grande incremento na ingestão de silagem de milho. Adicionalmente, Bobe et al. (2007) e MacGibbon *et al.* (2002) observaram que, em alguns países, a composição dos ácidos graxos na gordura láctea tem sido alterada pelo aumento da ingestão de alimentos com maiores quantidades de gordura insaturada na dieta de vacas leiteiras. E que esses valores individuais, ou até mesmo certa correlação entre eles pode interferir nas características finais da manteiga.

Recentemente, várias notícias nos meios de comunicação Canadense reportaram as insatisfações dos consumidores com o aumento da consistência da manteiga produzida no país (CHARLEBOIS, 2021; VAN ROSSEEDAL, 2021), e como isso alavancou estudos como o de Maragoni et al. (2022), que correlacionaram a suspeita de aumento da ingestão de ácido

palmítico nas dietas dos animais, que ocorreram com o intuito de suprir a crescente demanda do produto durante o período da pandemia, com a consistência final da manteiga.

2.6 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE FUSÃO

Os ácidos graxos saturados apresentam ponto de fusão acima de 50°C, sendo sólidos quando em temperatura ambiente; quanto aos insaturados (ácido oleico), seu ponto de fusão ocorre aos 16°C, apresentando-se líquido quando expostos à temperatura ambiente, sendo assim suas concentrações e a maneira com que eles são resfriados e maturados exercem papel fundamental na formação e consistência da manteiga (BYLUND, 2015).

O complexo dos vários triglicerídeos do leite resulta em um ponto de fusão médio, que é influenciado desde o mais alto (75°C), ao mais baixo, (- 40°C), e com média de ponto de fusão a 37°C. Esse complexo influencia na cristalização da gordura, estabilidade dos glóbulos e nas propriedades sensoriais dos alimentos derivados do leite, principalmente os com maiores quantidades de gordura (TONG; BERNER, 2016).

2.7 CRISTALIZAÇÃO E MATURAÇÃO

No processo industrial de produção da manteiga, antes da bateção, o creme é concentrado à média de 40% de gordura, por meio de uma separadora centrífuga, sendo posteriormente pasteurizado para o controle microbiológico, e imediatamente resfriado e maturado (MORTENSEN, 2016). Durante todo o processo de fabricação da manteiga, a maturação é o momento mais demorado, em que as propriedades reológicas são influenciadas pela estrutura dos cristais, sua solidificação e o comportamento de sua transformação (MAZZANTI et al., 2003). A quantidade relativa de ácidos graxos com alto ponto de fusão determina, entretanto, a maciez da manteiga, maiores quantidades de ácidos graxos com baixo ponto de fusão determinam uma gordura mais macia. Ainda no processo produtivo da manteiga, se o creme passar sempre pelo mesmo tratamento térmico, a composição química do creme é que irá determinar a consistência da manteiga (BYLUND, 2015).

A maturação do creme precisa de tratamento térmico adequado à sua composição de ácidos graxos para atingir a cristalização desejada (PATEL; ZHENG ; YEUNG, 2022). A gordura do creme, que está em estado líquido pós-pasteurização, é então resfriada em nível industrial em fração de segundos, fazendo com que os triglicerídeos com baixo e alto ponto de fusão sejam todos cristalizados ao mesmo tempo, formando assim uma rede de cristais mistos, prejudicando a textura do produto final. Para que esses efeitos sejam minimizados, a temperatura dos tanques de maturação deve ser elevada até que se atinja o ponto de fusão dos ácidos graxos insaturados, fazendo com que eles se liquefaçam e, com a diminuição da temperatura novamente, que se recristalizem na forma de cristais mais puros (O'CALLAGHAN et al., 2022). A rede de cristais é altamente correlacionada com a composição da manteiga e sua estrutura geral, que determina as características da manteiga, como: espalhabilidade, dureza, aparência e sensação do produto na boca. De maneira geral, condições de processo, temperatura de cristalização, tempo de maturação, e eficiência, junto com a físico-química dos glóbulos de gordura e composição dos ácidos graxos, afetam a cristalização da gordura láctea (HERRERA; HARTEL, 2000).

Diferentemente do Brasil, onde geralmente a temperatura nos tanques de maturação é sempre a mesma, independente da procedência ou época do ano, em países da América do Norte e na Europa, onde a alimentação das vacas é mais homogênea por todo o território e as estações são bem definidas, geralmente os fabricantes de manteiga seguem uma tabela para a definição da temperatura de maturação durante os meses de inverno e outra para os meses de verão, ou até mesmo tabelas de temperaturas de maturação para diferentes classificações dos cremes em macios, médios e duros, de acordo com os resultados obtidos por meio das análises dos índices de iodo (BYLUND, 2015; MORTENSEN, 2011).

2.8 ÍNDICE DE IODO

O índice de iodo trata-se de uma técnica rápida e de possível utilização na indústria. Com esta técnica é medida a quantidade de ácidos graxos insaturados presentes na fração gordurosa, por meio da determinação do número total de ligações duplas (insaturações), usada para quantificar sua composição (BYLUND, 2015). Estudos realizados por Hillbrick e

Augustin (2002) mostram que a espalhabilidade da manteiga é positivamente correlacionada com a porcentagem de ácidos graxos insaturados presentes em sua fração gordurosa. Segundo Bylund (2015), Mortensen (2011), O'Callaghan (2022) e Patel, Zheng e Yeung (2022), os valores de iodo no creme de leite variam de 28 a 40 g I₂/100g⁻¹, e por meio dos resultados sugerem processos térmicos para o tratamento do creme de leite durante a maturação, de acordo com os valores de iodo da amostra coletada, otimizando assim a consistência da manteiga.

De acordo com O'Callaghan (2022), gorduras do leite consideradas leves são aquelas que apresentam alta quantidade de triglicerídeos de baixo ponto de fusão (valores de iodo acima de 35 g I₂/100g⁻¹) na fração lipídica do leite. Para o creme de leite com valores de iodo menores que 35 g I₂/100g⁻¹, de acordo com Mortensen (2011) e O'Callaghan (2022); e 31gI₂/100g⁻¹ para Patel, Zheng e Yeung (2022), foi proposto o método de maturação frio-quente-frio, também conhecido por alguns autores como método de Alnarp, em que o creme deve ser resfriado a 8°C por 2 horas após a pasteurização, depois cuidadosamente aquecido a 20°C (3-4 horas) e finalmente resfriado à temperatura de bateção (10-11°C), o que aumenta o conteúdo líquido de gordura, favorece a estrutura laminar dos cristais e reduz a firmeza da manteiga quando comparado ao método tradicional. Em outro estudo, utilizando o mesmo tratamento térmico proposto, Mortensen (2016) observou redução de 25% na firmeza da manteiga no final do processo. Dixon (1970), Mortensen (2011) e O'Callaghan (2022) propuseram temperaturas de aquecimento diferentes de maturação de acordo com valores mais específicos do índice de iodo (14 a 22°C), em que as maiores temperaturas de aquecimento na maturação são indicada para os menores valores de índice de iodo (Tabela 1).

Tabela 1 - Métodos de maturação do creme de leite

| Método | 2 horas | 3-4 horas | 2 horas |
|------------------|---------|-----------|---------|
| Tradicional | 8°C | 10°C | 10°C |
| Frio-quente-frio | 8°C | 20°C | 10°C |

Fonte: Dixon (1970).

2.9 MANTEIGA

No processo de bateção, após as fases de cristalização e maturação, inicia-se o processo de inversão de fases, em que a emulsão de óleo em água do creme de leite é transformada de água em óleo da manteiga pelo processo de coalescência parcial, em que os cristais de lipídios no interior dos glóbulos de gordura, formados durante o resfriamento e a maturação, colidem e danificam parte de suas membranas com a bateção do creme (RØNHOLT; MORTENSEN; KNUDSEN, 2013). A parte líquida é, então, extravasada dos glóbulos, ocorrendo liberação de triglicerídeos amorfos presentes no interior dos mesmos e formando os aglomerados de gordura (inúmeros glóbulos de gordura parcialmente coalescidos formando uma rede tridimensional), em que a gordura é, então, concentrada, resultando em grânulos de manteiga e na liberação da fase aquosa, o leitelho. Após essa etapa, a manteiga é finalmente trabalhada por força mecânica, chegando à sua consistência característica (MORTENSEN, 2016).

2.10 LEITELHO

Atualmente, o leitelho além de ser considerado um alimento com diversos benefícios à saúde, associado aos componentes da membrana dos glóbulos de gordura, apresenta várias aplicações como ingrediente nas indústrias de iogurtes, queijos, chocolates e molhos em todo o mundo (ALI, 2019). É um produto oriundo do material membranoso dos glóbulos de gordura que são liberados durante a coalescência parcial no processo de bateção da manteiga, obtido após o processo de lavagem da manteiga que ocorre logo após a bateção e transformação do produto, é rico em fosfolipídios e proteínas da membrana dos glóbulos de gordura, além de lactose e minerais; e após ser concentrado seu valor de gordura geralmente varia de 5,7% a 13,1%, dependendo do processo e de sua utilidade (DEWETTINCK et al., 2008; O'CALLAGHAN, 2022).

O leitelho também pode ser utilizado como uma referência de desempenho econômico no processo produtivo, e o valor máximo aceitável de perda de gordura no leitelho é de 0,7% do creme batido, com eficiência de bateção de 99,3% (BYLUND, 2015).

3. Objetivos

Foram objetivos deste estudo, correlacionar características relacionadas à qualidade e composição do creme de leite, dentre elas, percentual de gordura e índice de iodo, proveniente de diferentes regiões do país, com os resultados das análises de percentual de gordura, umidade, composição de ácidos graxos, textura e características sensoriais da manteiga, bem como realizar possíveis ajustes na temperatura de maturação para o incremento do rendimento e da qualidade reológica da manteiga em um contínuo processo industrial.

4. Material e Métodos

4.1 ASPECTOS ÉTICOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Parecer nº 5.810.716 (Anexo).

4.2 LOCAL E INSTALAÇÕES

O experimento foi realizado em uma indústria de laticínios, localizada na cidade de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais, que recebe por dia 50.000 litros de leite oriundos de produtores da região, em um raio de 50 km do laticínio, para o processamento de vários tipos de queijos, requeijão e doce de leite e cerca de 90 toneladas diárias de creme de leite provenientes de várias regiões do Brasil, destinados à produção exclusiva de manteiga.

O creme de leite é proveniente de indústrias de laticínios responsáveis pelo processo de desnate do leite, fiscalizadas pelo SIF (Serviço de Inspeção Federal). O creme é padronizado, resfriado e transportado em tanques de inox isotérmicos, e ao chegar ao laticínio é submetido às análises para controle de qualidade para ser liberado e poder seguir para pasteurização e demais etapas do processo produtivo. No momento do recebimento, o creme deve apresentar temperatura inferior a 12°C e as amostras coletadas após agitação de cinco minutos de todos os compartimentos do caminhão tanque, devem atender aos seguintes requisitos físico-químicos: matéria gorda entre 40 - 48% m/m (FIL 16C: 1987), 8-16% m/m de acidez (HORWITZ; LATIMER, 2005) e pH entre 6,50 - 6,85. Em relação às características sensoriais: cor branca à levemente amarelada, sabor e odor característicos e aspecto cremoso, mas em seu estado líquido, com a menor quantidade de espuma possível, e sem adição de nenhum tipo de aditivo ou coadjuvante (Figura 1).

Figura 1 - Recepção do creme de leite

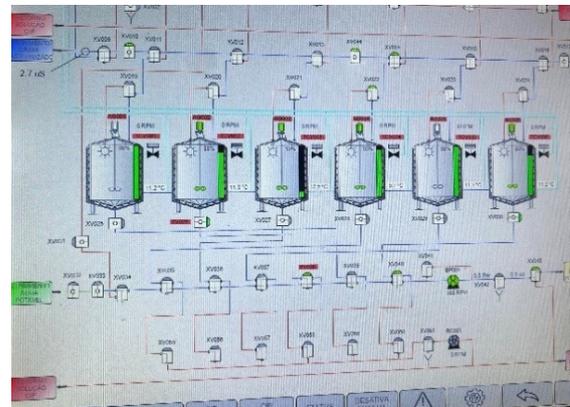
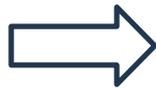
Fonte: Autora

Após análises das amostras e liberação da matéria prima, o creme é bombeado através de bombas de pressão positiva para um pasteurizador em placas com capacidade para 15.000l/hora, atingindo temperaturas entre 81 - 84°C por 15 segundos, seguindo para o resfriamento a 5°C e então transferido para os tanques de maturação, com capacidade de 9.000l de creme e que possuem entre suas paredes de inox, serpentinas, que são responsáveis por transportar água para o aquecimento e resfriamento dos tanques, por meio de um trocador de calor em placas responsável por essa troca. Sendo assim, o creme de leite é mantido sob agitação controlada de 10 rpm e sua temperatura controlada durante todo o processo de maturação programado. Durante o bombeamento do creme para os maturadores, uma solução contendo corante natural de urucum é adicionada em quantidade previamente estabelecida.

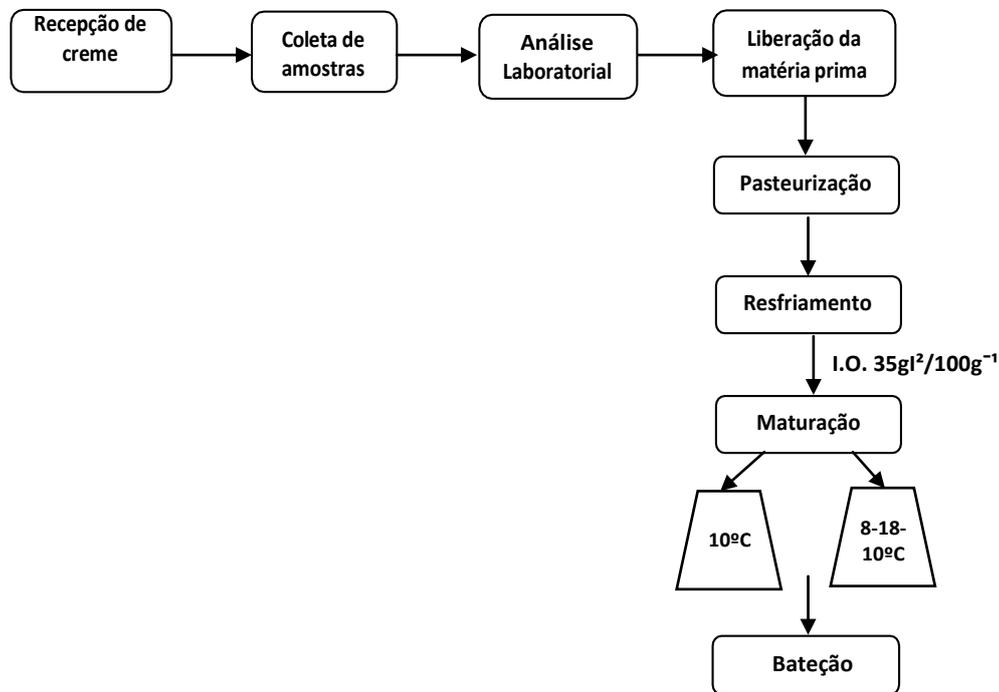
Amostras de creme de leite das três diferentes regiões do país (Centro-Oeste, Sul e Sudeste) foram coletadas quinzenalmente para análise do índice de iodo durante o período de um ano. Após as análises de índice de iodo, os cremes de mesma procedência foram divididos em dois maturadores (9.000 litros cada), sendo um destinado ao tratamento térmico proposto, que após a pasteurização e o resfriamento foi mantido a 8°C por 2 horas; posteriormente a temperatura foi elevada para 18°C por 3 a 4 horas e resfriado novamente à temperatura de bateção a 10°C; enquanto o outro seguiu a rotina normal de tratamento realizada atualmente pela empresa em todos os cremes de leite (maturação mínima de 6

horas e temperatura 8-10°C), sendo feita de maneira independente entre os maturadores por meio de programação do sistema de maturação, como pode ser observado nas Figuras 2 e 3. A velocidade contínua do agitador (10 rpm/min) durante a maturação e, posteriormente, do processo de bateção foi sempre a mesma para os dois tratamentos térmicos.

Figura 2 - Processo de maturação



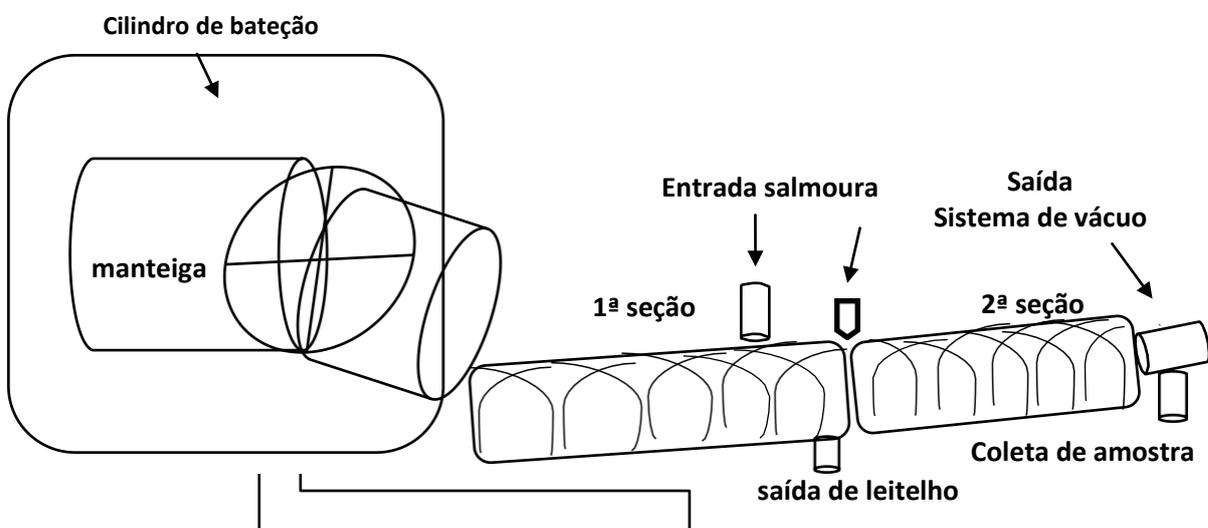
Fonte: Autora

Figura 3 - Fluxograma da maturação do creme de leite

Após a etapa de maturação, o creme (10°C), independentemente do tipo de processo de maturação realizado, seguiu para a etapa de bateção, em uma bateadeira linear e contínua (Contimab Proflex 300, Simon Frères, França), com capacidade para produzir 6000 kg de manteiga por hora, sob controle de temperatura por meio da circulação de água gelada durante todo o processo, e um controlador de vácuo, o que permite que a manteiga seja produzida em uma densidade constante, sem incorporação de ar no processo. Durante a bateção acontece uma rápida conversão de creme em manteiga. Após esta fase, com a manteiga já em seu processo de formação, é lavada e passa através de tubulações compostas por roscas sentido contrário, dando consistência característica ao produto. A drenagem então foi feita para retirada do leitelho e o sal adicionado e incorporado. O vácuo foi retirado, a amostra coletada e a manteiga enviada para os silos de armazenamento onde aguardavam para o envase em seus variados formatos de potes, tabletes, latas e blocos. Amostras das manteigas coletadas pelo amostrador automático localizado logo após o analisador em linha, produzidas utilizando as duas temperaturas de maturação foram avaliadas e comparadas para as características físico-químicas e organolépticas após

produção, e acondicionadas em geladeira (5°C) para posterior avaliação das características de textura e espalhabilidade, entre os dias três e cinco pós-produção. Algumas amostras foram separadas aleatoriamente para posterior avaliação de textura após 90 dias de produção (Figura 4).

Figura 4 - Batedeira contínua de manteiga



Fonte: Autora

4.3 ANÁLISES DOS CREMES DE LEITE

4.3.1 Determinação de acidez do creme de leite por método Dornic

A acidez titulável foi medida em graus Dornic (Dº) e determinada conforme descrito na norma da Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 947.05 (Brasil, 2022). As amostras de 5 mL do creme de leite foram transferidas para um erlenmeyer de 125 mL, enxaguadas com 5 mL de água (temperatura entre 40 e 50°C), aquecidas em banho-maria, adicionadas três a cinco gotas de fenolftaleína 1% e tituladas com solução Dornic até o aparecimento de discreta coloração rósea, persistente por cerca de 30 segundos (Figura 5). Para o cálculo da acidez Dornic, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$A.D. = V \times 2$$

Onde:

A.D. = Acidez Dornic,

V = volume gastos de solução Dornic e

2 = fator referente a 5 mL.

Figura 5 - Análise de acidez do creme de leite



Fonte: Autora

4.3.2 Determinação da porcentagem de gordura no creme de leite e leite (Processo "Kohler")

Foi utilizado o método descrito na norma IDF 194 para obtenção do teor de matéria gorda na manteiga (Brasil, 2022). Em um butirômetro especial para creme (escala 0-70%), foram adicionados 10 mL de ácido sulfúrico (PA leite 1, 825g/cm³), 5 mL da amostra, 5 mL de água (40-50°C) e 1 ml de álcool isoamílico (PA leite). O butirômetro foi arrolhado, envolvido em toalha, agitado por cerca de um minuto; em seguida foi centrifugado por cinco minutos a 1.200-1.400 rotações por minuto; descansou em banho-maria a 65°C por dois a três minutos, sendo feita a leitura imediata. Os resultados foram expressos em % (m/v). Para a análise de gordura do leite, o método acima foi repetido, alterando-se apenas as medidas

do butirômetro utilizado (escala 0-8%) e a quantidade de amostra (11 mL), sem acréscimo da água, e os resultados também foram expressos em % (m/v).

4.3.3 Determinação de pH

As concentrações de íons hidrogênio (Brasil, 1981) das amostras de creme de leite foram medidas, por meio de um pHmetro de bancada com registro digital (pH Pro, LineLab). O aparelho foi ajustado e aferido diariamente em duas soluções de tampão com pH 4,00 e 7,00 e o eletrodo limpo com água destilada e cuidadosamente seco. Para a medição, o eletrodo limpo e seco foi inserido no recipiente com a amostra, obtendo-se o resultado por meio da leitura direta no mostrador digital, expresso em unidades de pH com duas casas decimais (Figura 6).

Figura 6 - Análise de pH do creme de leite



Fonte: Autora

4.3.4 Determinação do índice de iodo do creme de leite pelo método volumétrico (método Wijs)

A determinação do índice de iodo foi realizada pelo método da American Oil Chemists' Society (AOCS) Cd 1-25 (AOCS, 1995). Após a análise do percentual de gordura,

por meio de uma centrifuga, obteve-se a separação da fração lipídica do creme de leite, da qual foram retirados 0,4 g, e colocadas dentro de um Erlenmeyer. Foram, então, adicionados 10 ml de ácido acético glacial e 10 mL da solução de Iodo-Cloro Wijs e 5 ml de solução Acetato de Magnésio (preparado com 15 g de acetato de magnésio em pó, dissolvido em 500 ml de ácido acético glacial), deixando em repouso por cinco minutos ao abrigo da luz e à temperatura controlada de 25°C. Após o descanso, adicionaram-se mais 5 mL de iodeto de potássio a 15%, procedendo-se à titulação automática (Titulador Potenciométrico Eco Titrator 905 - Metrohm) com a solução de tiosulfato de sódio 0,1 N, até a observação de um leve clareamento da solução. O mesmo procedimento foi repetido com a amostra em branco (sem a fração oleosa do creme de leite), e o seu resultado foi utilizado para o cálculo final (Figura 7).

$$I.O. = [(S - B) \times N \times 12,69] / P$$

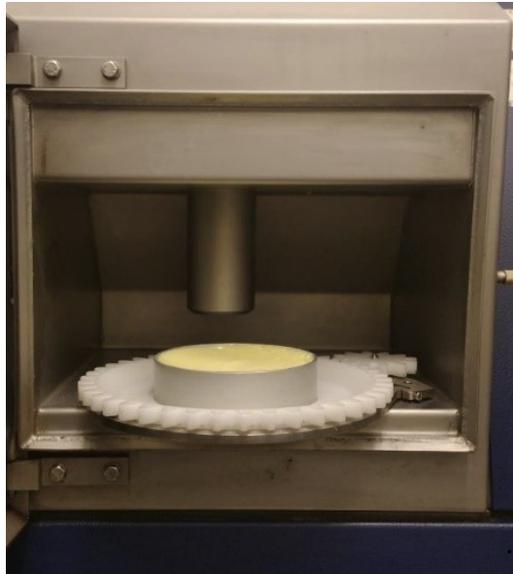
Onde:

S: resultado da titulação da amostra;

B: resultado da titulação da prova em branco;

N: normalidade da solução de tiosulfato de sódio;

12,69: fator de conversão do tiosulfato de sódio mEq em gramas de iodo e P: peso da amostra em gramas.

Figura 8 - Analisador Foodscan

Fonte: Autora

4.5 ANÁLISE DE TEXTURA E ESPALHABILIDADE DA MANTEIGA

Com o intuito de avaliar a textura e capacidade de espalhamento das manteigas, foi empregado o texturômetro TA.XT/Plus e o programa *Exponent* (Stable Micro Systems, Inglaterra), com a probe de espalhabilidade TTC *Spreadability Ring*, cônica a 90°, e a força constante empregada foi de 5,0 g, com velocidade de 2 mm/segundo, capaz de medir a força de penetração das amostras por 30 segundos e a distância pré-determinada para todas as amostras. As amostras de manteiga produzidas utilizando os dois processos de maturação foram avaliadas, comparadas em suas características físico-químicas e acondicionadas em geladeira (5°C) para, posteriormente, serem avaliadas pelo texturômetro entre três e cinco dias após a produção, e depois de 90 dias à temperatura de 10°C, quanto ao comportamento em textura e à espalhabilidade do produto (Figura 9).

Figura 9 - Análise de textura da manteiga

Fonte: Autora

4.6 COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DAS MANTEIGAS

Os lotes de manteiga (também avaliados para textura) foram selecionados, aleatoriamente, no momento da produção e encaminhados ao ITAL (Instituto de Tecnologias de Alimentos), localizado na cidade de Campinas, São Paulo, para realização das análises de ácidos graxos. As amostras foram analisadas por meio de cromatografia gasosa (AOAC, 2017) com etapa prévia de conversão dos ácidos graxos em ésteres metílicos (HARTMAN; LAGO, 1973).

4.7 ANÁLISE SENSORIAL

As análises sensoriais tiveram como objetivo verificar as diferenças de sabor, aroma, cor, brilho e textura da manteiga proveniente do mesmo creme, mas em diferentes temperaturas de maturação. Foram realizadas por uma equipe de 32 avaliadores, que fazem parte da empresa de ingredientes Doremus, previamente treinados para avaliação de produtos lácteos. Os provadores receberam as amostras de duas manteigas (previamente avaliadas por meio do analisador de textura). A análise sensorial foi realizada na parte da manhã, duas horas após o café da manhã, sendo que nesse intervalo os provadores não puderam consumir chicletes, balas, café, nem escovarem os dentes. As amostras de

manteigas foram oferecidas na quantidade de 10 g por participante, sendo consumidas após a sua retirada da geladeira na temperatura de 5°C. Entre as duas amostras, receberam biscoito sabor água e sal e água para expurgar os sabores que poderiam ficar na boca após o consumo da primeira amostra. Os avaliadores compararam os atributos de cada amostra de manteiga pelo método discriminativo para duas amostras por diferença pela Comparação Pareada Direcional. As avaliações realizadas individualmente, em cabines, onde os avaliadores tiveram a segurança de responder ao questionário sem nenhuma interferência. As amostras foram colocadas em ordens alternadas de acordo com a sequência dos participantes. Os resultados dos atributos de todos os testes foram avaliados utilizando-se a tabela de Comparação Pareada Direcional Unilateral, que indica se o atributo tem valor significativo para o teste. Os avaliadores receberam as duas amostras codificadas e uma ficha da avaliação (Apêndice).

4.8 EFICIÊNCIA DE BATEÇÃO

A eficiência de bateção foi representada pela transferência de matéria gorda para manteiga, calculada por meio da porcentagem de gordura do creme de leite e o que foi enviado através da bateção para o leitelho:

$$EC = 1 - fbm/fc,$$

onde:

fbm = % gordura do leitelho,

fc= % gordura do creme.

4.9 ANÁLISE DE DADOS

As análises dos dados foram realizadas por ANOVA, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo *General Linear Model* do SAS® (SAS Institute, 2004) para a verificação de variáveis nos diferentes tratamentos utilizados, sendo aplicado o teste de Tukey para comparação.

Os valores obtidos das análises de índice de iodo, acidez, percentual de gordura e pH do creme de leite foram analisados e comparados ao longo de um ano e nos diferentes pontos de coleta, com o intuito de estabelecer uma lógica em relação à época do ano e procedência da matéria prima.

As análises sensoriais, de textura e eficiência de bateção foram correlacionadas aos resultados obtidos das análises do creme de leite e entre os tratamentos térmicos da maturação, utilizados na empresa, e o proposto pelo estudo, com alterações de temperaturas em função do índice de iodo.

5. Resultados

5.1 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE IODO DO CREME DE LEITE

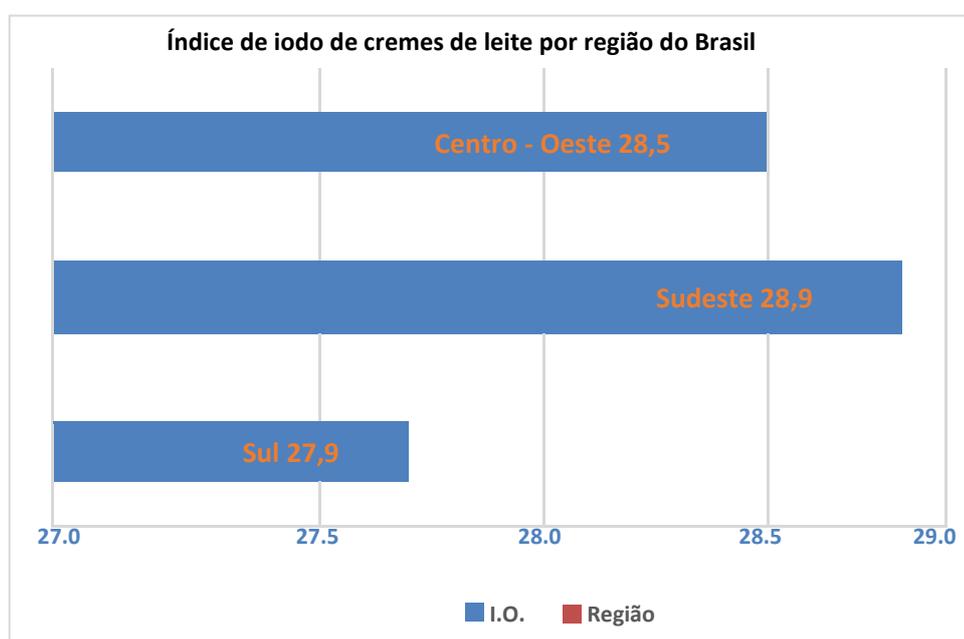
Os valores de índice de iodo obtidos durante o período de um ano apresentaram, sem exceções, resultados menores do que $35 \text{ g I}_2/100\text{g}^{-1}$ em sua fração lipídica, variando entre 25,31 e 30,57 $\text{I}_2/100\text{g}^{-1}$, e quando comparadas entre si as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, não foram encontradas diferenças significativas entre as diferentes localizações (Tabela 2 e Figura 10).

Tabela 2 - Variação do índice de iodo do creme de leite por região do Brasil ao longo de 12 meses

| Região | Índice de iodo | | |
|--------------|-------------------|--------------|--------------|
| | Média + DP | Valor máximo | Valor mínimo |
| Centro-Oeste | $28,5 \pm 1,04^A$ | 29,57 | 26,25 |
| Sudeste | $28,9 \pm 1,43^A$ | 30,57 | 25,31 |
| Sul | $27,9 \pm 1,08^A$ | 29,95 | 26,37 |

A-C: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 10 - Variação do índice de iodo do creme de leite por região do Brasil ao longo de 12 meses



5.2 PORCENTAGEM DE GORDURA NO CREME DE LEITE E MANTEIGA

A porcentagem de gordura no creme de leite e na manteiga das amostras analisadas não apresentou diferenças significativas ($p < 0.05$) entre as três regiões e entre os tratamentos de aquecimento e resfriamento propostos (Tabela 3 e Figura 11), os valores variaram entre 42 e 47% e a média entre as regiões mostrou valor mínimo de 43% e máximo de 45% de gordura nos cremes de leite analisados.

Tabela 3 - Variação da porcentagem de gordura do creme de leite por região do Brasil em função do aquecimento

| Região | Porcentagem de gordura do creme de leite | | | | | |
|--------------|--|-------------------------|--------------|-----|--------------|-----|
| | Média + DP | | Valor Máximo | | Valor Mínimo | |
| | S A | C A | S A | C A | S A | C A |
| Centro-Oeste | 43 ± 1,00 ^{Aa} | 44 ± 1,02 ^A | 44 | 45 | 42 | 42 |
| Sudeste | 44 ± 1,63 ^{Aa} | 44 ± 1,60 ^{Aa} | 47 | 47 | 42 | 42 |
| Sul | 45 ± 0,90 ^{Aa} | 44 ± 1,18 ^{Aa} | 46 | 46 | 43 | 43 |

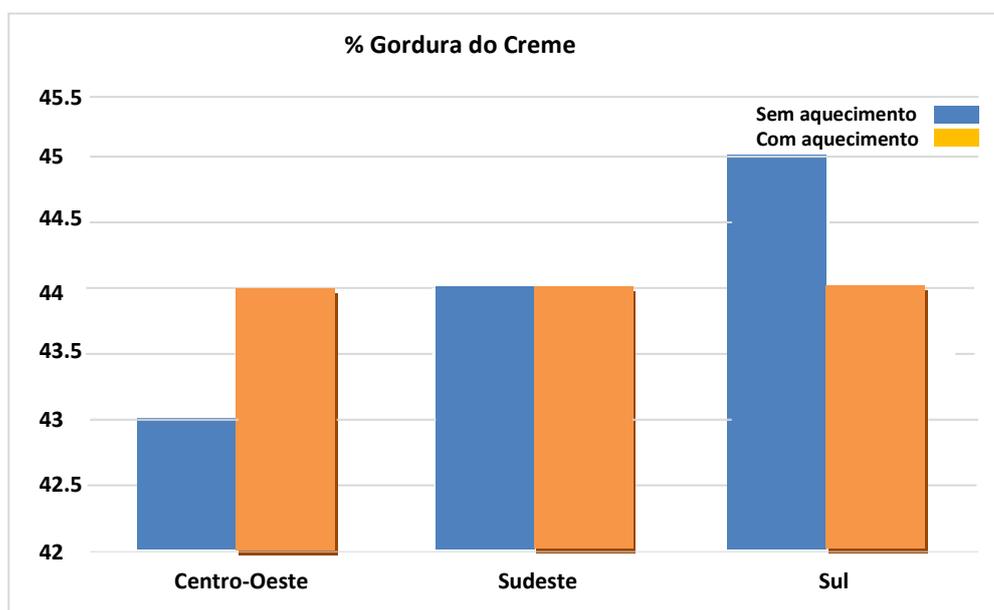
SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento;

A-C: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

a-b: Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 11 - Variação da porcentagem da gordura do creme de leite por região do Brasil



A Tabela 4 e a Figura 12 mostram que a manteiga também não apresentou alterações no percentual de gordura em relação à origem do creme, e entre os processos de aquecimento, ou não, do creme de leite, e que os valores de gordura na manteiga oscilaram entre o mínimo de 80% e máximo de 82%.

Tabela 4 - Variação da porcentagem de gordura da manteiga por região do Brasil em função do aquecimento

| Região | Porcentagem de gordura da manteiga | | | | | |
|--------------|------------------------------------|---------------------------|--------------|----|--------------|----|
| | Média + DP | | Valor Máximo | | Valor Mínimo | |
| | SA | CA | SA | CA | SA | CA |
| Centro-Oeste | 80,4 ± 0,49 ^{Aa} | 80,6 ± 0,49 ^{Aa} | 81 | 81 | 80 | 80 |
| Sudeste | 80,0 ± 0,00 ^{Aa} | 80,0 ± 0,00 ^{Aa} | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Sul | 81,0 ± 0,73 ^{Aa} | 81,0 ± 0,70 ^{Aa} | 82 | 82 | 80 | 80 |

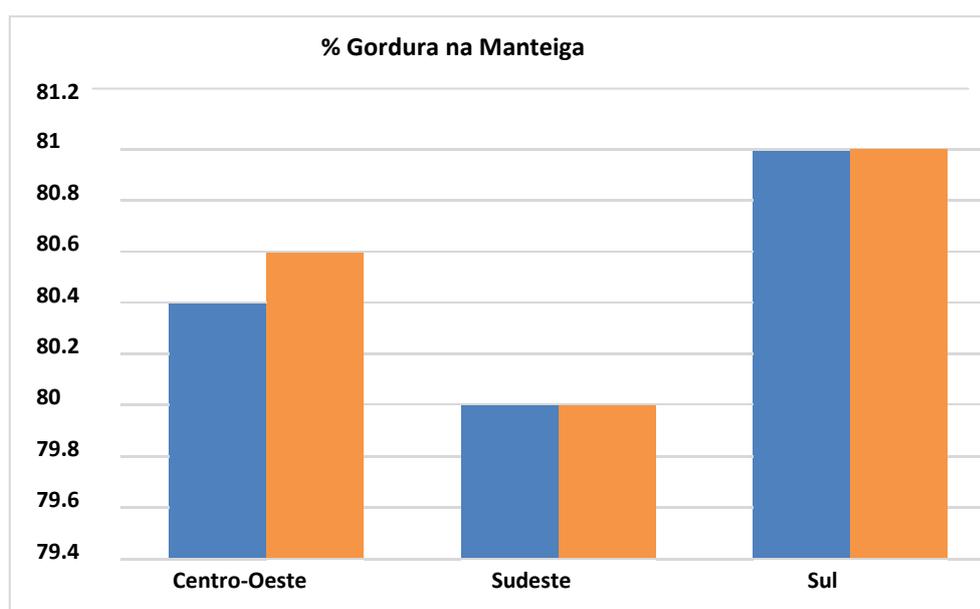
SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento;

A-C: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

a-b: Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 12 - Variação da porcentagem média da gordura da manteiga por região do Brasil



5.3 TEOR DE UMIDADE DA MANTEIGA

Os resultados da umidade da manteiga mostraram variação média de 15,5% a 15,7%, não sendo observadas diferenças significativas entre as três regiões estudadas, da mesma forma não houve diferenças entre os processos de aquecimento, ou não, do creme de leite durante a maturação (Tabela 5 e Figura 13).

Tabela 5 - Variação da porcentagem de umidade da manteiga por região do Brasil e em função do aquecimento

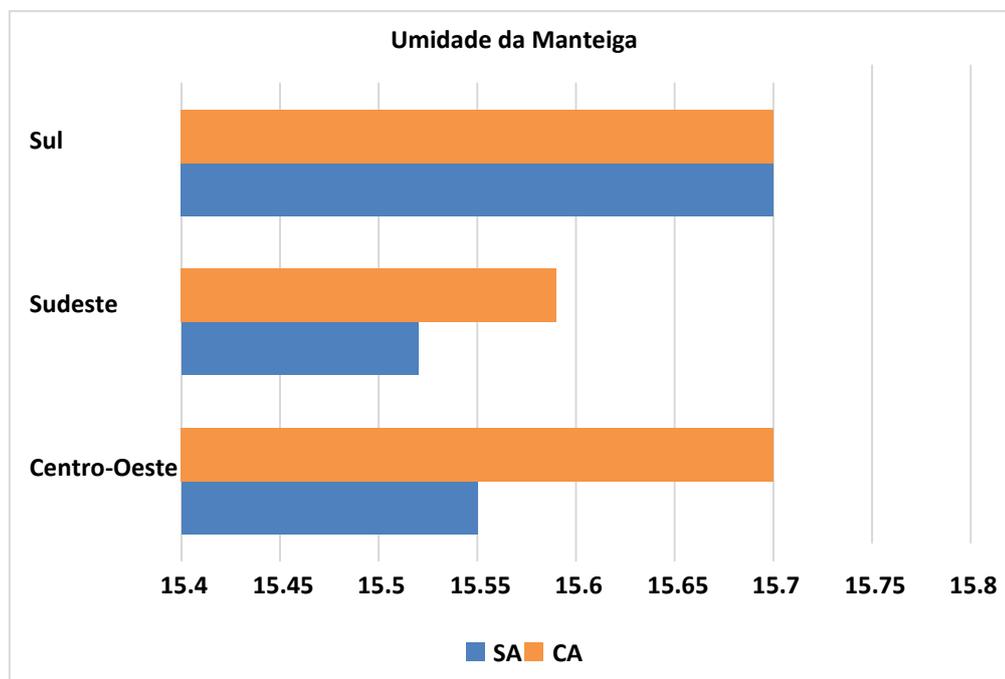
| Região | Porcentagem de umidade da manteiga | | | | | |
|--------------|------------------------------------|----------------------------|--------------|-------|--------------|-------|
| | Média + DP | | Valor Máximo | | Valor Mínimo | |
| | SA | CA | SA | CA | SA | CA |
| Centro-Oeste | 15,55 ± 0,13 ^{Aa} | 15,70 ± 0,14 ^{Aa} | 15,72 | 15,89 | 15,38 | 15,55 |
| Sudeste | 15,52 ± 0,23 ^{Aa} | 15,59 ± 0,16 ^{Aa} | 15,80 | 15,70 | 15,15 | 15,30 |
| Sul | 15,70 ± 0,13 ^{Aa} | 15,70 ± 0,13 ^{Aa} | 15,80 | 15,80 | 15,40 | 15,40 |

SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento;

A-C: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

a-b: Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 13 - Variação da porcentagem de umidade média da manteiga por região do Brasil

CA: Com Aquecimento;
SA: Sem Aquecimento

5.4 TEXTURA DA MANTEIGA

Como pode ser observado na Tabela 6, em relação à consistência da manteiga, quando comparado o creme de leite de mesma procedência e lote, todas as amostras de manteiga que apresentaram consistência mais macia e espalhável eram provenientes do creme em que a maturação passou pelo processo de aquecimento em comparação ao creme que não foi aquecido. Quando comparado por região, as três regiões avaliadas não evidenciaram diferenças significativas entre elas, tanto quando avaliadas entre as que foram aquecidas quanto as que não passaram pelo processo de aquecimento na maturação do creme de leite (Figura 14).

Tabela 6 - Variação da textura da manteiga por região do Brasil em função do aquecimento

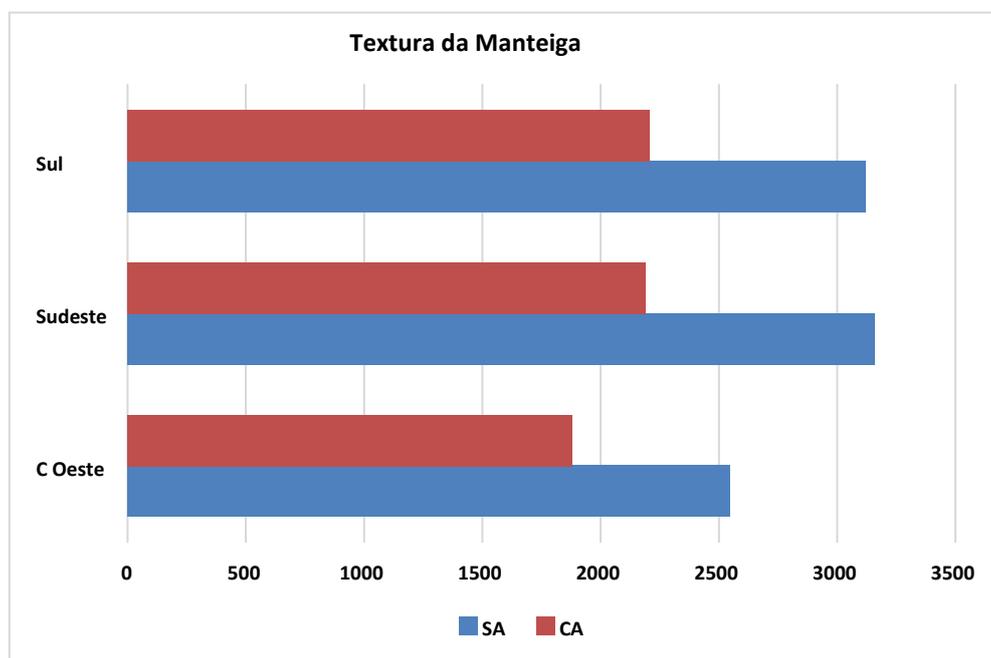
| Região | Textura da manteiga (g) | | | | | |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|------|--------------|------|
| | Média + DP | | Valor Máximo | | Valor Mínimo | |
| | S A | C A | S A | C A | S A | C A |
| Centro-Oeste | 2546 ± 636,4 ^{Aa} | 1879 ± 469,7 ^{Bb} | 3134 | 2437 | 2238 | 1134 |
| Sudeste | 3160 ± 781,9 ^{Aa} | 2189 ± 584,3 ^{Bb} | 4289 | 3236 | 2072 | 1276 |
| Sul | 3120 ± 507,9 ^{Aa} | 2207 ± 734,4 ^{Bb} | 4156 | 3601 | 2500 | 1229 |

SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento;

A-C: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

a-b: Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 14 - Variação da textura da manteiga por região do Brasil em função do processamento térmico do creme

SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento.

5.5 TEXTURA DA MANTEIGA APÓS 90 DIAS

Após 90 dias de produção, todas as manteigas avaliadas aumentaram significativamente os valores de textura, ficando com a consistência mais firme em relação aos primeiros dias após produção, mas a manteiga resultante do processo de aquecimento do creme de leite na maturação continuou sendo mais macia em relação à que não passou pelo processo de aquecimento (Tabela 7).

Tabela 7 - Variação da textura da manteiga por região do Brasil em função do aquecimento e dos dias de estocagem (05 versus 90 dias) a 10°C

| Dias de Estocagem | Textura da manteiga | | | | | |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|------|--------------|------|
| | Média + DP | | Valor Máximo | | Valor Mínimo | |
| | SA | CA | SA | CA | SA | CA |
| 05 dias | 2956 ± 1151 ^{Aa} | 1970 ± 997 ^{Ba} | 4794 | 4196 | 1796 | 1016 |
| 90 dias | 7421 ± 618 ^{Ab} | 4256 ± 1069 ^{Bb} | 8321 | 5453 | 6691 | 2911 |

SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento;

A-C: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

a-b: Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

5.6 COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS

A composição dos principais ácidos graxos das manteigas analisadas foi correlacionada com a sua textura, entre eles: ácido graxo mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e oleico (C 18:1), em que os valores individuais e os resultados das equações entre C14:0/C18:1, C16:0/C18:1 e o total dos ácidos graxos saturados/insaturados foram analisados e comparados com a textura final do produto resultante do creme de leite aquecido. A Tabela 8 apresenta os valores dos ácidos graxos individuais e os resultados mostram que os valores de C14:0 e C16:0 foram maiores nas manteigas com textura mais firme; opostamente, os valores de C18:1 obtiveram textura mais macia e espalhável quando em maior porcentagem na composição do produto. Os ácidos graxos insaturados também

foram comparados com o resultado final da textura da manteiga, mostrando que a textura mais firme foi observada na manteiga que apresentou seu valor mais baixo. Os valores de ácidos graxos saturados variaram de 60 a 63,02%, em que o de menor valor (60%) apresentou menor valor para textura (902g), sendo a manteiga mais macia; e o maior (63,02%) o valor mais alto da mesma característica para a manteiga (Tabela 9). Em relação às equações apresentadas, a Tabela 9 também mostra que os menores valores da equação entre C16:0/C18:1 e C14:0/C18:1 foram encontrados na manteiga com textura mais macia quando comparados aos valores mais altos. O resultado dos valores da equação entre o total dos ácidos graxos insaturados e saturados variou de 0,41 a 0,48, sendo que a textura mais firme correlacionou com os menores valores; e a mais macia apresentou os maiores valores nos resultados dessa equação.

Tabela 8 - Relação da textura da manteiga e os valores individuais dos seus principais ácidos graxos

| Textura 10°C | % Ácidos Graxos | | |
|--------------|-----------------|-------|-------|
| | C14:0 | C16:0 | C18:1 |
| 902 | 9,99 | 29,41 | 22,73 |
| 1053 | 8,11 | 29,57 | 22,19 |
| 1142 | 10,37 | 30,40 | 22,34 |
| 1150 | 10,60 | 31,10 | 21,50 |
| 1252 | 10,47 | 30,51 | 22,62 |
| 1336 | 10,52 | 30,41 | 21,68 |
| 2330 | 10,73 | 30,49 | 20,42 |
| 1309 | 10,11 | 30,27 | 21,93 |

C14:0: Mirístico;

C16:0: Palmítico;

C18:1: Oléico.

Tabela 9 - Relação entre textura da manteiga e seus ácidos graxos

| Textura 10°C (g) | % Ácidos Graxos | | | | |
|------------------|-----------------|-------|---------|---------|---------|
| | AGS | AGI | C16/C18 | AGI/AGS | C14/C18 |
| 902 | 60 | 28,74 | 1,29 | 0,48 | 0,44 |
| 1053 | 60,24 | 27,95 | 1,33 | 0,46 | 0,45 |
| 1142 | 61,43 | 28,41 | 1,36 | 0,46 | 0,46 |
| 1150 | 62,42 | 27,59 | 1,44 | 0,44 | 0,49 |
| 1252 | 60,38 | 29,18 | 1,34 | 0,48 | 0,46 |
| 1336 | 62,08 | 27,73 | 1,4 | 0,45 | 0,49 |
| 2330 | 63,02 | 25,95 | 1,49 | 0,41 | 0,52 |
| 1309 | 61,37 | 27,94 | 1,38 | 0,45 | 0,47 |

AGS: Ácido Graxo Saturado;

AGI: Ácido Graxo Insaturado;

C14:0: Mirístico;

C16:0: Palmítico;

C18:1: Oleíco.

5.7 LEITELHO

Quanto à porcentagem de gordura no leiteiro, os resultados revelaram valores variando de 0,36 a 0,47%, sendo que as amostras da região Sudeste apresentaram maior perda de gordura durante o processo de bateção da manteiga, gerando um leiteiro com maior porcentagem de gordura. As amostras das regiões Sul e Centro-Oeste não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 10 e Figura 15).

Tabela 10 - Variação da porcentagem de gordura no leite proveniente da manteiga, por região do Brasil, em função do aquecimento

| Região | % Gordura do Leite | | | | | |
|--------------|---------------------------|---------------------------|--------------|-----|--------------|-----|
| | Média + DP | | Valor Máximo | | Valor Mínimo | |
| | S A | C A | S A | C A | S A | C A |
| Centro-Oeste | 0,40 ± 0,08 ^{Aa} | 0,36 ± 0,07 ^{Aa} | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| Sudeste | 0,47 ± 0,05 ^{Ba} | 0,47 ± 0,09 ^{Ba} | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,4 |
| Sul | 0,40 ± 0,00 ^{Aa} | 0,40 ± 0,06 ^{Aa} | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |

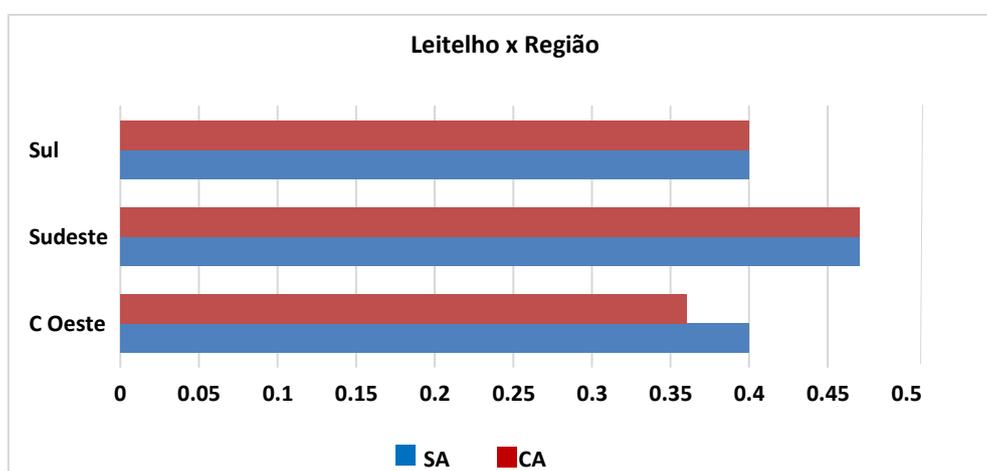
SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento;

A-C: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

a-b: Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 15 - Variação da gordura do leite por região do Brasil em função do processamento térmico do creme



SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento.

5.8 EFICIÊNCIA DE BATEÇÃO

Utilizando-se os valores obtidos de gordura do creme de leite e leiteiro, foi calculada a eficiência de bateção da manteiga, e os resultados variaram de 99 a 99,2% , não apresentando diferenças estatísticas entre os tratamentos de aquecimento do creme (Tabela 11).

Tabela 11 - Relação da porcentagem entre a eficiência de bateção da manteiga entre as regiões do Brasil e em função do aquecimento

| Região | Eficiência de Bateção (%) | |
|--------------|---------------------------|---------|
| | S A | C A |
| Centro-Oeste | 99,1 Aa | 99,2 Aa |
| Sudeste | 99 Aa | 99,1 Aa |
| Sul | 99,2 Aa | 99,1 Aa |

SA: creme de leite sem aquecimento;

CA: creme de leite com aquecimento;

A-C: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

a-b: Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

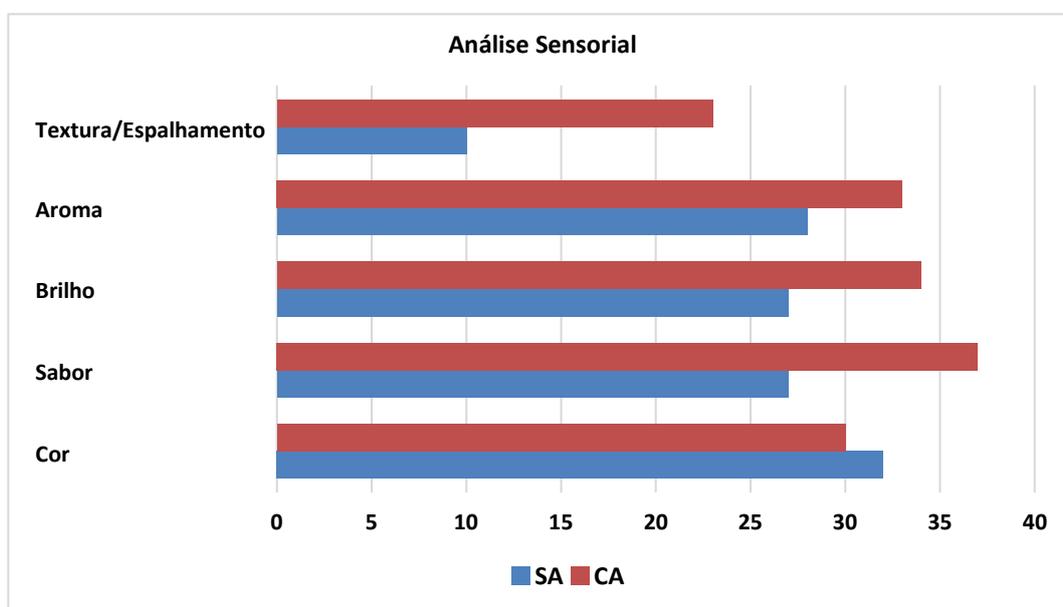
5.9 ANÁLISE SENSORIAL

Na Tabela 12 e Figura 16 estão detalhados os resultados das análises sensoriais para as cinco características avaliadas, sendo que as manteigas que passaram pelo aquecimento durante a maturação foram as melhores aceitas quanto às características de textura/espalhamento, aroma, brilho e sabor e as que não foram aquecidas apenas obtiveram resultados mais satisfatórios no atributo cor do produto.

Tabela 12 - Análise sensorial da manteiga em função do aquecimento

| Atributos | Análise Sensorial | |
|----------------------|-------------------|-----------------|
| | Média | |
| | Sem aquecimento | Com aquecimento |
| Cor | 32 ^a | 30 ^a |
| Sabor | 27 ^a | 37 ^b |
| Brilho | 27 ^a | 34 ^b |
| Aroma | 28 ^a | 33 ^b |
| Textura/Espalhamento | 10 ^a | 23 ^b |

a-b: Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 16 - Atributos da análise sensorial da manteiga em função do processamento térmico do creme de leite

SA: creme de leite sem aquecimento;
CA: creme de leite com aquecimento.

6. Discussão

6.1 ÍNDICE DE IODO NO CREME DE LEITE

No presente estudo, os valores do índice de iodo nas três diferentes regiões do Brasil não mostraram diferenças significativas entre eles. Dessa forma, não se justifica a realização de tratamentos específicos de maturação do creme de leite em função da sua origem ou das diferentes estações do ano; diferentemente do que ocorre em países do hemisfério norte, que utilizam diferentes tratamentos térmicos para maturação do creme de leite nos meses de inverno e verão, fato que ocorre por essas regiões possuírem estações do ano mais bem definidas e manejo alimentar dos animais mais específico, que se adequa à disponibilidade de alimentos a cada época do ano (BYLUND, 2015; MORTESEN, 2016; O'CALLAGHAN et al., 2022). Os mesmos autores apontaram que os valores de índice de iodo podem variar de 24 a 40g I₂/100g⁻¹. Os resultados obtidos durante o período avaliado (um ano), foram todos inferiores a 35g I₂/100g⁻¹ na fração lipídica; o que, segundo dados encontrados na literatura (BYLUND, 2015; MORTENSEN, 2016; O'CALLAGHAN et al., 2022), para obtenção de uma manteiga com as principais características desejadas, todos os cremes com índices de iodo inferiores a esse valor devem passar pelo método de aquecimento durante o período de maturação, entre o primeiro resfriamento, quando ocorre a cristalização, e o segundo que prepara o creme para o processo de bateção.

Mortensen (2011) e Wilbey (2009) foram ainda mais específicos, determinando vários graus de temperaturas no aquecimento do creme de leite para os diferentes valores de índice de iodo, em que os cremes com índices menores precisavam de temperatura mais elevada durante a maturação, que diminuía gradualmente de acordo com o aumento dos valores de índice de iodo. Lee e Martini (2018) avaliaram conjuntamente a temperatura e a velocidade de agitação do creme de leite também durante a maturação, observando alterações no tamanho dos glóbulos de gordura que interferiu na textura e poderia facilitar, ou não, o processo de bateção da manteiga. No presente estudo, foi mantida a mesma agitação do creme para todos os tratamentos, apenas alterando e avaliando a temperatura de maturação.

6.2 PORCENTAGEM DE GORDURA

Com relação às porcentagens de gordura do creme de leite e da manteiga, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as regiões analisadas e também ao longo do período em que as amostras foram coletadas e analisadas, conseqüentemente pode-se afirmar que não influenciaram no resultado final da textura e do sabor da manteiga, provavelmente em virtude de os cremes recebidos para a produção terem passado por um processo de padronização da porcentagem de gordura ainda em seus estabelecimentos de origem.

6.3 PORCENTAGEM DE GORDURA NO LEITELHO

A porcentagem de gordura no leiteiro variou de 0,36% a 0,47%, com eficiência de bateção variando de 99% a 99,2%, pouco inferior ao reportado por Bylund (2015) e Goff, Hill e Ferrer (sd), que sugerem que os valores devem variar entre 99,41 e 99,61%, em processos de bateção contínuos e com creme a 45% de gordura. A porcentagem de gordura do leiteiro não apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos propostos, corroborando os resultados obtidos por Lee e Martini (2018) em um estudo de desafios de temperatura de maturação e bateção do creme de leite. Porém, neste estudo, quando as porcentagens de gordura do leiteiro foram comparadas quanto à sua origem, a região Sudeste apresentou maior perda de gordura pelo leiteiro, o que não foi correlacionado com nenhuma característica físico-química ou organoléptica da manteiga avaliada no estudo; no entanto esse fato interfere no rendimento final do produto, diminuindo a quantidade de manteiga produzida em relação à quantidade de creme de leite processado.

6.4 TEOR DE UMIDADE NA MANTEIGA

A provável causa de não variação na umidade da manteiga durante todo o período experimental pode ter sido devida ao uso do analisador e padronizador de sal e umidade da

manteiga (Nir-Measure Sensor, Wal, Alemanha), acoplado ao equipamento de bateção, na linha de produção, após a segunda rosca, no final do seu processo produtivo. Este dispositivo controla e adiciona salmoura de acordo com a avaliação instantânea do produto, corrigindo qualquer alteração que ocorra relacionada à umidade e salga, o que pode ter influenciado para que esta variável não apresentasse diferenças estatísticas entre os tratamentos e não influenciassem as características finais do produto.

Segundo Rønholt et al. (2014), o aumento da porcentagem de água de 20% para 32% diminui a firmeza da manteiga, sem afetar o comportamento térmico dos cristais de gordura, contudo isso não poderia ser aplicado no presente estudo, tendo em vista que a legislação brasileira permite o valor máximo de 16% de umidade para as todos os tipos de manteigas fabricadas no Brasil, o que não justificaria incluir na presente amostra teores de umidade superiores ao previsto na legislação (BRASIL, 1996).

6.5 TEXTURA DA MANTEIGA

Com relação à textura, o principal atributo da manteiga, o resultado foi estatisticamente positivo em todas as amostras de cremes que passaram pelo processo de aquecimento, quando comparadas com as que mantiveram a temperatura constante durante toda a maturação. Similar ao tratamento feito no inverno em países do hemisfério Norte, onde, segundo Bylund (2015), Mortensen (2011) e O'Callaghan (2022), determinam que todos os cremes com índice de iodo abaixo de $35\text{mgI}_2/100\text{g}^{-1}$ (inverno) devem receber o processo de aquecimento durante o tempo de maturação (método de Alnarp), e por Lee e Martini (2018), que afirmam que consistência da manteiga pode ser controlada por condições de temperatura no momento da maturação. Ceylan e Ozcan (2020) e Lee e Martini (2018) concluíram que, além da temperatura de maturação, a agitação e a adição de fermentos lácteos durante esse processo também pode ter influência na consistência final da manteiga.

Neste estudo, quando comparada a porcentagem dos valores de textura obtidos da manteiga produzida com a dos cremes que passaram pelo aquecimento e com os que não foram aquecidos, obteve-se redução média de 29%, sendo maior do que já foi relatado

anteriormente por Mortensen (2016), que observou diminuição de 25% na consistência da manteiga proveniente de cremes aquecidos em relação aos não aquecidos. Staniewski et al. (2021) também relatou melhores resultados em textura com creme submetidos ao método frio-quente-frio (6/20,5/14°C).

Importante também citar, que de acordo com Rønholt (2014), o resfriamento industrial do creme de leite, realizado segundos após a pasteurização, quando ocorre a cristalização, propicia a formação de uma rede firme composta de pequenos cristais de gordura, diferentemente do que ocorreria se o resfriamento fosse lento, o que geralmente ocorre em processos mais artesanais. No presente estudo, ao se reaquecer o creme durante a maturação, os glóbulos de gordura que atingiram seu ponto de fusão passavam pelo processo lento de resfriamento e recristalização, reorganizando assim a rede de cristais de gordura formada anteriormente.

Outras causas que também podem alterar a textura da manteiga foram discutidas por alguns autores como Bylund (2015), Herrera e Hartel (2000), Lee e Martini (2018), Mortensen e Knudsen (2013) e Rønholt et al. (2014). No entanto, não foram objetivo do presente estudo por não serem permitidas na legislação brasileira, ou até mesmo por serem difíceis de serem implementadas e avaliadas à níveis industriais, entre elas: polimorfismo de cristais, adição de fermentos lácteos, emulsificantes, inclusão de gorduras de diferentes origens, além de injeção de umidade e ar durante o processo.

Estudos relatando a textura da manteiga utilizando os mesmo equipamentos e temperatura das amostras no momento da medição são difíceis de serem encontrados, porém Ceylan e Ozcan (2020) encontraram valores referentes à força de penetração da manteiga realizado também em um aparelho TA-TX -plus, no entanto com a probe de corte, apresentando resultados variando de 1273.42 g a 1569 g nas amostras avaliadas. Os resultados foram menores do que os encontrados neste estudo que utilizou como probe o cone de penetração, o que segundo Walstra e Jenness (1984), a característica reológica mais importante da manteiga, sua espalhabilidade, deve ser medida por ele.

6.6 TEXTURA DA MANTEIGA APÓS 90 DIAS

A manteiga avaliada tem quatro meses de validade, sendo assim avaliar seu comportamento durante sua vida de prateleira tem a importância em sua avaliação mediante ao consumidor final. Todas as amostras, obtidas após 90 dias da fabricação, apresentaram consistência mais firme, quando comparadas com as manteigas do mesmo lote e processo, analisadas três a cinco dias após sua produção. E quando comparados os dois processos de maturação nas amostras com 90 dias de produção, as manteigas resultantes dos cremes que passaram pelo aquecimento continuaram sendo mais macias e espalháveis em relação às manteigas em que o creme seguiu pelo processo de maturação convencional.

Alguns autores como Mortensen e Knudsen (2013) e Rønholt et al. (2014) tentaram explicar, mostrando aumento nos sólidos da gordura durante os primeiros 28 dias após fabricação, o que segundo avaliações microscópicas resultaram de uma rede cristais mais densos, justificando o aumento de textura quando comparada aos primeiros dias de produção. Buldo e Viking (2016) também estudaram a recristalização da gordura, quando expostas a temperaturas de aquecimento e resfriamento, causando mudanças nas propriedades de textura da manteiga, formando também uma forte interação entre os de cristais. Ceylan e Ozcan (2020) relataram diferença de textura da manteiga ao longo de seis meses, mostrando diminuição na dureza do produto quando comparada a manteiga de um dia com a de um mês após a produção e, posterior aumento com três meses após a fabricação.

6.7 COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS

Apesar da necessidade de mais estudos indicando as quantidades dos ácidos graxos da manteiga, pesquisas realizadas no Canadá indicaram valores de ácidos palmíticos com média de 28% (O'DONNELL-MEGARO; BARBANO; BAUMAN, 2011), e alguns anos depois, obtiveram resultados de 26% (GOVERNMENT OF CANADA, 2015). Mais recentemente, buscando uma razão para o aumento da consistência da manteiga canadense, Marangoni et

al. (2022) avaliaram 41 diferentes marcas de manteigas coletadas em supermercados canadenses e encontraram variação de 28,3% a 35,2%, com média de 32,5% e crescimento linear em relação à textura da manteiga, mostrando que o provável aumento da textura da manteiga canadense, apontada pelos consumidores, pode ter relação com o aumento da porcentagem de ácido palmítico na dieta dos animais. Dias et al. (2022) encontraram valores de 28,93% de ácido palmítico em uma manteiga obtida pelo processo de fabricação manual na região sudeste do Brasil. O presente estudo apresentou valores próximos aos encontrados por Marangoni et al. (2022), com valor médio de 30,27% de ácido palmítico na manteiga nas três regiões do país.

Apesar de Marangoni e Ghazani (2021) e O'Callaghan et al. (2016) afirmarem que existe relação dos principais ácidos graxos da manteiga e sua consistência, neste estudo apenas observou-se tendência dessa relação, entre os principais ácidos graxos saturados, como o palmítico e mirístico e os insaturados, e maior concentração de ácido oléico, relacionada com a dureza da manteiga, sendo que as manteigas de consistência mais firme apresentaram maiores valores de C14:0 e C16:0 e as mais macias maiores valores de C18:1. Os valores intermediários nem sempre respeitaram a mesma lógica, com indícios de que há melhor correlação entre as concentrações desses ácidos graxos com a consistência final da manteiga, fato que deverá ser melhor elucidado em estudos futuros, e que corroborem os resultados já obtidos por Marangoni et al. (2022) que apresentaram correlações entre ácidos oleicos e palmíticos e a consistência final do produto. Staniewski et al. (2021) correlacionaram maior firmeza da manteiga com concentrações maiores de C14:0 e menores de C:18:1 e menores razões da correlação entre C16:0/C18:1. Hillbrich e Agustin (2002) e Staniewski et al. (2021) demonstraram que as propriedades reológicas da manteiga estão correlacionadas não apenas a valores individuais dos ácidos graxos, mas também com o resultado das correlações entre eles, principalmente C14:0/C18:1, C16:0/C18:1 e do total da relação entre os ácidos graxos insaturados/saturados.

Staniewski et al. (2021) apontam que manteigas também avaliadas a 10°C com propriedades reológicas desejadas devem apresentar correlação entre os principais ácidos graxos, indicando que o resultado da equação entre C14:0/C18:1 não deve ultrapassar 0,45, que os valores obtidos da relação entre C16:0/C18:1 devem ser menores do que

1.12 e que o resultado da equação de insaturados/saturados sejam maiores do que 0,54. Neste estudo, foram obtidos resultados de C14:0/C18:1, variando de 0,44, na manteiga do resultado de textura com menor valor, ou seja, mais macia, a 0,52, na manteiga mais firme; valores de C16:0/C18:1 acima de 1,29 e a taxa de ácidos graxos insaturados/saturados variando de 0,41, na manteiga melhor avaliada em sua reologia, a 0,48 para a manteiga com menor atributo para esse quesito. Sendo assim, os valores encontrados no estudo apontam que, as manteigas avaliadas revelaram valores das correlações entre seus principais ácidos graxos com uma maior probabilidade de resultar em uma manteiga mais firme, em relação aos resultados encontrados por Staniewski et al. (2021), mas que os valores mais próximos aos indicados pelos autores, foram encontradas nas manteigas com melhores resultados em textura.

Marangoni e Ghazani (2021), Staniewski et al. (2021) e Wright et al. (2001) correlacionaram a composição dos ácidos graxos com as propriedades reológicas da manteiga, reportando que as relações entre a consistência da manteiga e a quantidade de C14:0, C16:0 e C18:1, e concluíram que os efeitos poderiam ser minimizados manipulando a maturação física do creme de leite. Couvreur et al. (2006) relataram que a taxa de C16:0/C18:1 diminui com o aumento da ingestão de capim, em relação à silagem de milho (0.86-1.41), e que essa melhor textura é mais notável quando a ingestão de capim representa 30 a 60% da dieta. Segundo os autores, a relação entre a taxa de C16:0/C18:1 parece ser um bom indicador da cristalização dos glóbulos de gordura e da dureza da manteiga. Lee e Martini (2018) correlacionaram a temperatura e agitação durante a maturação do creme de leite com a firmeza da manteiga e maior tempo de bateção, encontrando maior textura em cremes que foram maturados a 10°C e com baixa agitação (20 rpm), semelhante ao que é realizado no método tradicional mais utilizado na fabricação de manteiga no Brasil.

6.8 ANÁLISE SENSORIAL

As análises sensoriais mostram que a manteiga proveniente do creme de leite aquecido obteve melhores resultados em todas as categorias avaliadas como brilho, sabor,

aroma e textura/espalhabilidade. Apenas a cor não apresentou diferenças significativas quando comparada nos dois processos, provavelmente devido a manteiga estudada ter adição de corante natural de urucum em sua formulação para padronizar as cores da manteiga produzida com o creme de leite originário das diversas regiões do Brasil. Precht e Frede (1994) referiram que fatores sensoriais poderiam ser determinados pelo grau de insaturação expresso em índices de iodo e quantidade de sólidos na gordura. Mortensen (2016) e Patel, Zheng e Yeung (2022), associaram as manteigas aquecidas a uma sensação de sabor com o gradual derretimento da manteiga ao ser degustada, correlacionando com a recristalização dos cristais de gordura após o aquecimento, separando assim os ácidos graxos com diferentes pontos de fusão. No presente estudo, a textura/espalhabilidade da manteiga foi analisada pela equipe da avaliação sensorial, sendo que a manteiga proveniente do creme de mesma procedência e aquecida foi mais bem avaliada do que a não aquecida, resultado compatível com o obtido no laboratório pelo texturômetro.

7. Conclusões

Após análise dos resultados, concluiu-se que manteigas produzidas em níveis industriais no Brasil, onde sua principal matéria prima, o creme de leite, já é controlado para pH e acidez e a gordura é padronizada, a composição de seus ácidos graxos e o processo pelo qual o creme é submetido até sua transformação em manteiga é de extrema importância para as qualidades reológicas do produto final. As análises de índice de iodo realizadas resultaram em valores inferiores a $35\text{g I}^2/100\text{g}^{-1}$; indicando, assim, o aquecimento do creme na maturação, independente de origem ou época do ano, sendo o resultado desse processo comprovado pelas análises do produto final realizadas por meio do texturômetro e das análises sensoriais, em que por meio de amostras comparativas foi possível observar que a manteiga produzida pelo processo em que o creme de leite é aquecido na maturação apresentou, em sua totalidade, um produto com textura mais macia e espalhável. Os resultados também mostraram que a composição do creme de leite influencia na textura final da manteiga, e que apesar dos fatores individuais serem importantes, existem interações entre as quantidades dos ácidos graxos e mais estudos devem ser desenvolvidos para melhor esclarecerem as correlações entre os ácidos graxos presentes na manteiga, análises sensoriais e a textura final do produto. O comportamento reológico da manteiga não deve ser avaliado apenas por um parâmetro, mas pela interação de vários. Outros métodos para modificar a reologia da manteiga têm sido estudados, com interações de emulsificantes ou frações específicas da gordura do leite, incorporação de ar no produto; entretanto estudos mostram que variações de temperatura durante a maturação, mudando o comportamento da cristalização frente as diversas composições de triglicerídeos, é uma opção viável frente aos desafios do campo e da indústria, apesar do processo impactar em um maior tempo de maturação, consequentemente de produção, além de aspectos econômicos frente ao processo de aquecimento e resfriamento mais intensos durante a maturação. E que diante as características do creme de leite produzido durante o último ano no Brasil, as principais características sensoriais da manteiga como: aroma, sabor e textura apresentaram as melhores classificações quando o creme de leite passou pelo processo de aquecimento proposto no trabalho, realçando sabor e a espalhabilidade, fazendo com que a manteiga brasileira, apesar de todos os seus desafios, possa expressar seu maior potencial em nível industrial e conquiste cada vez mais seu merecido espaço, atendendo as expectativas dos consumidores.

8. Referências Bibliográficas¹

¹ Elaboradas de acordo com as Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses da FZEA-USP: Documento Eletrônico e Impresso - (ABNT) 3ª ed. Pirassununga: FZEA/USP, 2021.

ALI, A. H. Current knowledge of buttermilk: composition, applications in the food industry, nutritional and beneficial health characteristics. **Int J Dairy Technol**, v. 72, n. 2, p. 169-82, 2019.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 4th ed. Champaign: USA, A.O.C.S., 1995.

ARMAS, L. A.; FRYE, C. P.; HEANY, R. P. Effect of cow's milk on human health. In: WILSON, T.; TEMPLE, N. (eds.). **Beverage Impacts on Health and Nutrition. Nutrition and Health**. Suíça: Humana Press, 2016. p. 131-50.

ARTAUD-WILD, S.M. *et al.* Differences in coronary mortality can be explained by differences in cholesterol and saturated fat intakes in 40 countries but not in France and Finland. A paradox. **Circulation**, v. 88, n. 6, p. 2771-9, 1993.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC. International**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2017.

ASTRUP, A. *et al.* Regular-fat dairy and human health: A synopsis of symposia presented in Europe and North America (2014-2015). **Nutrients**. v. 8, n. 8, p. 463, 2016.

BOBE, G. *et al.* Butter composition and texture from cows with different milk fatty acid compositions fed fish oil or roasted soybeans. **J Dairy Sci**, v. 90, n. 6, p. 2596-603, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa, Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II - Métodos físicos e químicos**. Brasília: 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. **Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade dos produtos lácteos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 mar. 1996. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2016/03/Portaria-n%C2%B0-146-de-7-de-mar%C3%A7o-de-1996.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. **Dispõe sobre o Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (Riispoa)**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 30/03/2017, Edição: 62, Seção: 1, p. 3. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20134722/do1-2017-03-30-decreto-n-9-013-de-29-de-marco-de-2017-20134698. Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária de Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária. **Métodos oficiais para análise de produtos de origem animal**. Brasília: MAPA, 2022.

BULDO, P.; WIKING, L. **Butter: Properties and analysis**. Elsevier. 2016.

BYLUND, G. **Dairy Processing Handbook**. 2nd ed. Tetra Pak, 2015. p. 12, 30-2, 372-5, 386 e 390.

CEYLAN, O.; OZCAN, T. Effect of the cream cooling temperature and acidification method on the crystallization and textural properties of butter. *Food Sci Technol*, v. 132, p. 109806, 2020.

CHARLEBOIS, S. Opinion: **Buttergate and the 'hard' truth about Canadian butter**. CTN News. 2021. Disponível em: <https://montreal.ctvnews.ca/opinion-buttergate-and-the-hard-truth-about-canadian-butter-1.5320211>. Acesso em: 12 fev. 2023.

COUVREUR, S. *et al.* The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *J. Dairy Sci*, v. 89, n. 6, p. 1956-69, 2006.

DIAS, R. S. *et al.* Nutritional, rheological and sensory properties of butter processed with different mixtures of cow and sheepmilk cream. *Food Biosci*, v. 46, p. 101564, 2022.

DEWETTINCK, K. *et al.* Nutritional and technological aspects of milkfat globule membrane material. *Int Dairy J*, v. 18, n. 5, p. 436-57, 2008.

DIXON, B. D. Spreadability of butter: Developments with the modified Alnarp cream cooling method. *Aust J Dairy Technol*, v. 25, n. 2, p. 82-6, 1970.

FREITAS, A. F.; WILCOX, C. J.; COSTA, C. N. Breed Group Effects on Milk Production of Brazilian Crossbred Dairy Cows. *J Dairy Sci*, v. 81n. 8, p. 2306-11, 1998.

FORTECHA, F. J.; JUÁREZ, M.; e GIL, A. **Milk and dairy products**. Elsevier, 2023. p. 480-91.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Standard for butter. CXS 279-1971. Codex Alimentarius**. 2011. 3p. Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B279-1971%252FCXS_279e.pdf. Acesso em: 15 out. 2021.

GIROLANDO. **Registro genealógico**. 2023. Disponível em: <https://www.girolando.com.br/area-tecnica/indiceszootecnicos>. Acesso em: 21 set. 2023.

GOFF, D.; HILL A.; FERRER M. A. **Dairy Science and Technology eBook**. sd. Disponível em: Books.lib.uoguelph.ca/dairyscienceandtechnologyebook/chapter/butter-manufacture. Acesso em: 29 out. 2023.

GOVERNMENT OF CANADA. **Canadian Nutrient File (CNF)**. 2015. Disponível em: <http://food-nutrition.canada.ca/cnf-fee/index-eng.jps>. Acesso em: 20 set. 2023.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Lab Pract**, v. 22, n. 6, p. 475-6, 1973.

HERRERA, M. L.; HARTEL, R. W. Effect of processing conditions on physical properties of a milkfat model system: Rheology. **J Am. Oil Chem. Soc.**, v. 77. p. 1189-95, 2000.

HILLBRICH, G.; AGUSTIN, M. Milkfat characteristics and functionality: Opportunities for improvement. **Aust J Dairy Technol**, v. 57, n. 1, p. 45-51, 2002.

HORWITZ, W.; LATIMER Jr., G. W. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland, USA: AOAC International, 2005. 26p.

KHOSROVA, E. **Butter: A rich history**. Chapel Hill, North Carolina: Algonquin Book of Chapel Hill, 2016. 368p.

JOINT FAO/WHO CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION.; WORLD HEALTH ORGANIZATION; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Milk and milk products**. Rome: World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. p. 36-39.

LAMARCHE, B. *et al.* Does milk consumption contribute to cardiometabolic health and overall diet quality? **Can J Cardiol**. v. 32, n. 8, p. 1026-32, 2016.

LEE, J.; MARTINI, S. Effect of cream aging temperature and agitation on butter properties. **J Dairy Sci**, v. 101, p. 7724-35, 2018.

LEE, J., MARTINI, S. Modifying the physical properties of butter using high-intensity ultrasound. **J Dairy Sci**. v. 102, n. 3, p. 1918-26, 2019.

LORDAN, R. *et al.* Dairy fats and cardiovascular disease: Do we really need to be concerned? **Foods**. v. 7, n. 3, p. 29, 2018.

MACGIBBON, A. K. H. *et al.* Producing a spreadable butter using modified milkfat. **Proc N Z Soc Anim Prod**. v. 62, p. 102-7, 2002.

MARANGONI, A. G.; GHAZANI, S. M. Perspective: A commentary on elevated palmitic acid levels in Canada butter and their relationship to butter hardness. **J. Dairy Sci**. v. 104, n. 9, p. 9380-2, 2021.

MARANGONI, A. G. *et al.* Higher palmitic acid and dipalmitoyloleate levels are correlated to increase firmness in commercial butter. **Food Chem**, v. 377, p. 131991, 2022.

MAZZANTI, G. *et al.* Orientation and phase transitions of fat crystals under shear. **Cryst Growth Des**. v. 3, n. 5, p. 721-5, 2003.

MORTENSEN, B. K. Butter and other milk fat products. The product and its manufacture. In: FUQUAY, J. W.; McSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. (eds). **Encyclopedia of Dairy Sciences**. 2nd Ed. Academic Press, 2011. p. 492-9.

MORTENSEN, B. K. **Butter and other milk fat products. The product and its manufacture. Reference Module in Food Science**. Tikøb, Dinamarca: Elsevier, 2016.

NURA, A. Advances in food packaging technology-Areview. **J Postharvest Technol**, v. 6, n. 4, p. 55-64, 2018.

O'CALLAGHAN, T. F. *et al.* Quality characteristics, chemical composition, and sensory properties of butter from cows on pasture versus indoor feeding systems. **J Dairy Sci**, v. 99, n. 12, p. 9441-60, 2016.

O'CALLAGHAN, T. F. Butter and buttermilk. In: McSWEENEY, P. L. H.; McNAMARA, J. P. (eds). **Encyclopedia of Dairy Sciences**. 3rd Ed. Elsevier, 2022. p. 1-7.

O'DONNELL-MEGARO, A. M.; BARBANO, D. M.; BAUMAN, D. E. Survey of fatty acid composition of retail milk in the United States including regional and seasonal variations. **J Dairy Sci**, v. 94, n. 1, p. 59-65, 2011.

PATEL, A. S.; ZHENG, H.; YEUNG, C. K. The product and its manufacture. In: McSWEENEY, P. L. H.; McNAMARA, J. P. (eds). **Encyclopedia of Dairy Sciences**. 3th Ed. Elsevier, 2022. p. 744-54.

PRECHT, D.; FREDE, E. Determination of the solid fat content in milk fat by gas chromatographic triglyceride analyses. **Fat Sci Technol**, v. 96, p. 324-30, 1994.

RØNHOLT, S.; MORTENSEN, K.; KNUDSEN, J. C. The effective factors on the structure of butter and other milk fat-based products. **Compr Rev Food Sci Food Saf**, v. 12, p. 468-82, 2013.

RØNHOLT, S. *et al.* Effect of cream cooling rate and water content on butter microstructure during four weeks of storage. **Food Hydrocolloids**. v. 34, p. 169-76, 2014.

STANIEWICK, B. *et al.* The effect of triacylglycerol and fatty acid composition on the rheological properties of butter. **Int Dairy J**, v. 114, p. 104913, 2021.

TONG, P. S.; BERNER, L. A. **Dairy Processing and Products**, Elsevier, 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA); FOREIGN AGRICULTURE SERVICE. **Dairy: World Markets and Trade.** 2020. Disponível em: [usda.library.cornell.edu//concern/publications/j9602061v?locate=en](https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/j9602061v?locate=en). Acesso em: 15 out. 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). FOREIGN AGRICULTURE SERVICE. **Dairy: World Markets and Trade.** 2023. Disponível em: app.fas.usda.gov/psdonline/circulars/Dairy.pdf Acesso em: 17 de out. 2023.

VAN ROSENDAAL, J. **Buttergate: Butter not as soft as it used to be? The pandemic and our urge to bake is partly to blame - along with palm oil.** 2022. Disponível em: <http://www.theglobeandmail.com/life/food-and-wine/articles-is-your-butter-not-as-soft-as-it-used-to-be-the-pandemic-and-our-urge/>. Acesso em: 10 out. 2023.

WALSTRA, P.; JENESSE R. **Dairy Chemistry and Physics.** 1ªed. Wiley-Interscience, 1984. 468p.

WRIGHT, A. *et al.* Rheological properties of milkfat and butter. **J Food Sci**, v. 66, n. 8, p. 1056-71. 2001.

WILBEY, R. Better. In: TAMIME, A. Y. (ed.). **Dairy Fats and Related Products.** Chichester: Blackwell Publishing Ltd, 2009. cap. 5, p. 86-107.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia.** 1993. 8p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/459211470/260639013-NBR-12806-Analise-Sensorial-Dos-Alimentos-E-Bebidas-pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

BOODE, K.; WALSTRA, P.; DE GROOT-MOSTERT, A. E. A. Partial coalescence in oil-in-water emulsions. 2. Influence of the properties of the fat. *Colloids Surfaces A: Physicochem Eng Aspects*. v. 81, p. 139-51, 1993.

LUHMAN, C. M.; BEITZ, D. C. Butter composition and texture from cows with different milk fatty acid compositions fed fish oil or roasted soybeans. *J Dairy Sci*. v. 90, n. 6, p. 2596-603, 2007.

MALLIA, S.; ESCHER, F.; SCHLICHTERLE-CERNY, H. Aroma-active compounds of butter: a review. *Eur Food Res Technol*. v. 226, n. 3, p. 315-25, 2008.

OLIVEIRA, P. L. Determinação de Ácidos Graxos Majoritários em manteiga de garrafa por eletroforese capilar. 64f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2015.

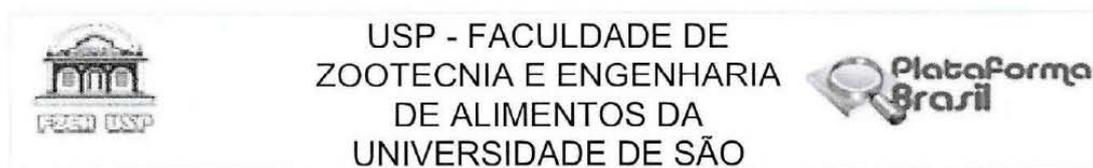
POTHIRAJ, C. *et al.* Methodology assessment on melting and texture properties of spread during ageing and impact of sample size on the representativeness of the results. *J Stored Prod Postharvest Res*. v. 3, n. 10, p. 137-44, 2012.

RASMUSSEN, B. M. *et al.* Effects of dietary saturated, monounsaturated, and n-3 fatty acids on blood pressure in healthy subjects. *Am J Clin Nutr*. v. 83, n. 2, p. 221- 6, 2006.
SIQUEIRA, K. B. O consumo de lácteos na pandemia, estudo da EMBRAPA. 2020. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/kennya-siqueira/consumo-de-lacteos-na-pandemia-estudo-da-embrapa-219327/>. Acesso em: 15 out. 2021.

RØNHOLT, S., *et al.* The effect of butter grains on physical properties of butter-like emulsions. *J Dairy Sci*. v. 97, n. 4, p. 1929-38, 2014a.

RØNHOLT, S. *et al.* Effect of churning temperature on water content, rheology, microstructure and stability of butter during four weeks of storage. **Food Struct**. v. 2, n. 1-2, p. 14-26, 2014b.

VAN RUTH, S. M. *et al.* Butter and butter oil classification by PTR-MS. *Eur Food Res Technol*. v. 227, p. 307-17, 2008.

ANEXO A - COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Avaliação do processo de maturação do creme de leite sobre o rendimento e a qualidade final da manteiga

Pesquisador: CARLOS HUMBERTO CORASSIN

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 65693922.4.0000.5422

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.810.716

Apresentação do Projeto:

As informações a seguir foram retiradas do documento "PB – Informações Básicas do Projeto".

INTRODUÇÃO:

A manteiga, que inicialmente era usada para preservar a gordura do leite, é um produto lácteo apreciado em todo o mundo; existem relatos das primeiras produções artesanais desde a Idade da Pedra (KHOSROVA, 2016). Em décadas passadas, inúmeros estudos trataram a manteiga como vilã, indicando que o seu consumo poderia ocasionar problemas relacionados à saúde devido ao seu alto teor de gordura saturada, apontando principalmente doenças cardiovasculares (ARTAUD-WILD et al., 1993). Entretanto, alguns estudos recentes mostram que o consumo moderado de manteiga não causa prejuízo para a saúde humana (LAMARCHE et al., 2016; ASTRUP et al., 2016). Armas, Frye e Heany (2016), Lordan et al. (2018) e Mortesen (2011) demonstraram resultados positivos em relação à prevenção de algumas doenças, com efeitos anti-inflamatórios, antioxidantes e anticarcinogênicos, aumento da mineralização óssea; além de trazer sabor e aroma para inúmeros alimentos, quando adicionada.

Essas são algumas razões pelas quais o consumo de manteiga tem crescido nos últimos anos por todo o mundo. O creme de leite é o principal ingrediente e, dependendo da forma de produção e a não adição do sal, pode ser também o único ingrediente da manteiga; entretanto suas

Endereço: Campus USP "Fernando Costa". Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Prédio Central. Corredor
Bairro: Jd. Elite **CEP:** 13.635-900
UF: SP **Município:** PIRASSUNUNGA
Telefone: (19)3565 6759 **E-mail:** cephfzea@usp.br

10. Apêndice

APÊNDICE - FICHA DE AVALIAÇÃO DO TESTE

Nome:

Data:

Hora:

Você está recebendo duas amostras codificadas de manteiga. Prove as amostras da esquerda para a direita uma única vez. Indique qual amostra apresenta o atributo mais característico da manteiga:

Cor ()

Brilho ()

Sabor ()

Aroma ()

Comentários:**Codificação de amostras:**

| Analisador | Aquecida | Sem aquecimento |
|------------|------------|-----------------|
| | 1ª posição | 2ª posição |
| 001 | 189 | 437 |
| 002 | 437 | 189 |
| 003 | 189 | 437 |
| 004 | 437 | 189 |
| 005 | 189 | 437 |
| 006 | 437 | 189 |
| 007 | 189 | 437 |
| 008 | 437 | 189 |
| 009 | 189 | 437 |
| 010 | 437 | 189 |
| 011 | 189 | 437 |
| 012 | 437 | 189 |
| 013 | 189 | 437 |
| 014 | 437 | 189 |
| 015 | 189 | 437 |
| 016 | 437 | 189 |
| 017 | 189 | 437 |
| 018 | 437 | 189 |
| 019 | 189 | 437 |
| 020 | 437 | 189 |
| 021 | 189 | 437 |
| 022 | 437 | 189 |
| 023 | 189 | 437 |
| 024 | 437 | 189 |
| 025 | 189 | 437 |
| 026 | 437 | 189 |
| 027 | 189 | 437 |
| 028 | 437 | 189 |
| 029 | 189 | 437 |
| 030 | 437 | 189 |