

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS LAGOA DO SINO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Ana Laura Paula Barros Barbosa

**Desenvolvimento de pão de queijo sem lactose e análise da influência deste carboidrato
em sua composição**

BURI (SP)
Março/2023

Ana Laura Paula Barros Barbosa

Desenvolvimento de pão de queijo sem lactose e análise da influência deste carboidrato em sua composição

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de São Carlos.

Orientadora: Profa. Dra. Isabelle Cristina Oliveira Neves

Co-orientador: Prof. Dr. Naaman Francisco Nogueira Silva

BURI (SP)

2023

Barbosa, Ana Laura Paula Barros

Desenvolvimento de pão de queijo sem lactose e análise da influência deste carboidrato em sua composição / Ana Laura Paula Barros Barbosa -- 2023.
30f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Isabelle Cristina Oliveira Neves

Banca Examinadora: Isabelle Cristina Oliveira Neves,
Thaís Jordânia Silva, Sérgio Henrique Silva

Bibliografia

1. Tecnologia de alimentos. I. Barbosa, Ana Laura Paula Barros. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539


Ana Laura Paula Barros Barbosa

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE QUEIJO SEM LACTOSE E
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DESSE CARBOIDRATO EM SUA
COMPOSIÇÃO**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Alimentos pela
Universidade Federal de São Carlos.

Aprovada em 10/03/2023.

BANCA EXAMINADORA


Documento assinado digitalmente
 ISABELLE CRISTINA OLIVEIRA NEVES
Data: 10/03/2023 13:00:45-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Isabelle Cristina Oliveira Neves
Universidade Federal de São Carlos

Documento assinado digitalmente
 THAIS JORDANIA SILVA
Data: 10/03/2023 13:14:00-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Thaís Jordânia Silva
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Sérgio Henrique Silva
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Documento assinado digitalmente
 SERGIO HENRIQUE SILVA
Data: 10/03/2023 11:17:57-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dedico esse trabalho aos meus pais,
por todo amor e carinho recebido,
pelo incentivo, e por terem sempre
me guiado a trilhar um bom
caminho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus que me deu essa oportunidade, força de vontade e coragem para superar todos os desafios percorridos ao longo dessa jornada de cinco anos.

Agradeço aos meus pais Fernanda e Paulo pelo amor incondicional e por nunca terem medido esforços para me proporcionar apoio e um ensino de qualidade durante todo meu período escolar. Aos meus irmãos Rafael e Ana Luiza, a minha avó Sueli e ao meu avô José Carlos por todo carinho e suporte que me deram para realizar esse sonho e por acreditarem em mim.

Gostaria de oferecer um agradecimento especial ao meu bisavô Oswaldo e minha bisavó Rosa que já se foram, mas que sempre estiveram presentes em minha vida me incentivando, me inspirando e por todo amor recebido por eles.

Ao meu namorado Lucas, gostaria de agradecer pelo companheirismo e pelo amor durante esses cinco anos e dizer que foi muito mais fácil trilhar esse caminho ao seu lado.

Aos meus professores orientadores Naaman Francisco Nogueira Silva e Isabelle Cristina Oliveira Neves agradeço pela paciência, pelos conselhos, pelo acompanhamento e por estarem sempre disponíveis para compartilharem seus conhecimentos contribuindo para a execução deste projeto.

Por fim, aos meus queridos amigos Guilherme e Larissa agradeço a vivência e companhia desde o primeiro ano de graduação proporcionando momentos inesquecíveis.

*“O segredo do sucesso é a constância
do propósito”*

(Benjamin Disraeli)

RESUMO

BARBOSA, Ana Laura Paula Barros. **Desenvolvimento de pão de queijo sem lactose e análise da influência deste carboidrato em sua composição**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2023.

O pão de queijo é um produto tradicional de Minas Gerais (MG) que atualmente é consumido e produzido em todas as regiões do Brasil. Tradicionalmente, ele é fabricado a partir dos ingredientes leite, féculas, queijo, ovos e sal. O objetivo do projeto foi produzir pão de queijo isento de lactose e analisar a influência que a ausência desse carboidrato provoca nas características químicas e físicas do produto. Além disso, pretendeu-se aprofundar os conhecimentos sobre pão de queijo, visto que este produto não apresenta um padrão de identidade e qualidade que o defina. Diferentes formulações de pães de queijo, com e sem lactose, produzidas na indústria Sabor Supremo indústria e comércio de congelados, localizada em Boituva-SP, foram analisadas quanto à sua composição centesimal. O teor de umidade dos pães de queijo sem lactose apresentou-se superior ao do pão de queijo tradicional, correspondendo a 44% e 46%, respectivamente. O teor de resíduo mineral fixo foi próximo para ambas as formulações, sendo de 1,9% para as amostras sem lactose e de 2,1% para as amostras tradicionais. Com relação ao teor de proteínas, a formulação sem lactose apresentou 1,92% enquanto a tradicional obteve um teor de 2,55%. Para o teor de lipídios obteve-se 22% para os pães de queijo sem lactose e 21% para os pães de queijo tradicionais. Por fim, analisou-se também a textura da massa através de um texturômetro que indicou a força máxima de compressão para as amostras, obtendo força equivalente 0,67 N para os pães de queijo tradicionais e 1,40 N para os pães de queijo sem lactose. Desta maneira, é possível concluir que os pães de queijo com e sem lactose apresentam características físico-químicas semelhantes.

Palavras-chave: Pão de queijo; Lactose; Padrão de identidade e qualidade; Composição centesimal; Textura

ABSTRACT

BARBOSA, Ana Laura Paula Barros. **Development of lactose-free cheese bread and analysis of the carbohydrate influence on its composition.** 2023. Undergraduate Final Project – Federal University of São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri, 2023.

The cheese bread is a traditional product from Minas Gerais (MG) that is currently consumed and produced in all regions of Brazil. Traditionally, it is made from milk, starches, cheese, eggs and salt. The objective of the project was to produce lactose-free cheese bread and to analyze the influence that the absence of this carbohydrate causes on the chemical and physical characteristics of the product. In addition, it was intended to deepen the knowledge about cheese bread, since it does not have a standard of identity and quality that defines it. Different formulations of cheese breads, with and without lactose, produced in the Sabor Supremo industry and frozen food trade, located in Boituva-SP, were analyzed regarding their centesimal composition. The moisture content of cheese bread without lactose was higher than that of traditional cheese bread, corresponding to 44% and 46%, respectively. The fixed mineral residue content was close for both formulations, being 1.9% for the lactose-free samples and 2.1% for the traditional samples. Regarding the protein content, the lactose-free formulation had 1.92% while the traditional one had a content of 2.55%. For the lipid content, 22% was obtained for the lactose-free cheese breads and 21% for the traditional cheese breads. Finally, the texture of the cheese bread was also analyzed using a texturometer, which indicated the maximum compression force for the samples, obtaining an equivalent force of 0.67 N for traditional cheese breads and 1.40 N for lactose-free cheese breads. In this way, it is possible to conclude that cheese breads with and without lactose have similar physicochemical characteristics.

Keywords: Cheese bread; Lactose; Identity and quality standards; Centesimal composition; Texture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de processamento de pão de queijo a partir do uso de féculas pré-gelatinizadas

Figura 2: Masseur industrial

Figura 3: Formadora automática

Figura 4: Túnel de congelamento

Figura 5: Pães de queijo diferentes tempos de forneamento. A: 0 minutos de aquecimento; B: 10 minutos de aquecimento; C: 20 minutos de aquecimento; D: 30 minutos de aquecimento; E: 40 minutos de aquecimento. C/L: pães de queijo com lactose; S/L: pães de queijo sem lactose.

Figura 6: Força máxima (N) de compressão para as amostras de pão de queijo com e sem lactose obtida pela análise de textura.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formulação de massa de pão de queijo tradicional e sem lactose

Tabela 2: Dados de composição centesimal para pães de queijo com e sem lactose

LISTA DE ABREVIACÕES

RTIQ: Regulamento técnico de identidade e qualidade

RDC: Resolução da diretoria colegiada

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

RMF: Resíduo mineral fixo

PQZ: Pão de queijo zero lactose

PQT: Pão de queijo tradicional

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
2.1 Preparo das massas de pão de queijo tradicional e sem lactose.....	16
2.2 Análises laboratoriais.....	20
2.2.1 Teor de umidade.....	20
2.2.2 Teor de lipídios.....	21
2.2.3 Teor de proteínas.....	21
2.2.4 Teor de resíduo mineral fixo.....	22
2.2.5 Teor de carboidratos.....	23
2.2.6 Análise de textura.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
3.1 Composição centesimal.....	23
3.2 Análise de textura.....	26
4. CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. Introdução

Os alimentos armazenados sob baixas temperaturas (- 20 °C) têm uma alta demanda pelos consumidores, pois além dessas temperaturas inibirem o crescimento microbiano e fornecerem longa vida útil ao produto, também trazem praticidade devido ao fato de serem de fácil preparo. Nesse sentido, as indústrias de alimentos vêm inserindo produtos congelados e prontos para consumo no mercado ou que requerem somente a etapa de forneamento para serem consumidos, como os pães de queijo congelados (LIMA, 2012).

A técnica de conservação de alimentos com o uso de baixas temperaturas tem o objetivo de diminuir a velocidade das reações químicas e enzimáticas, além de inibir o crescimento microbiano. A temperatura de congelamento pode variar entre -18 °C e -29 °C, sendo realizada num período entre 3 a 72 horas no processo de congelamento lento, ou num período de 30 minutos no processo de congelamento rápido (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

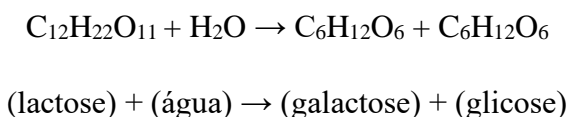
Quando se trata do congelamento lento, tem-se que a temperatura deve decrescer gradativamente até atingir o valor esperado (geralmente na faixa de -25 °C). Além disso, nesse congelamento não há circulação de ar e os primeiros cristais de gelo formados nos alimentos serão desenvolvidos nos espaços intercelulares, onde irá forçar a migração de água presente no interior das células para esses espaços, gerando grandes cristais de gelo. No entanto, quando se trata do congelamento rápido, tem-se uma redução brusca na temperatura, onde a água presente nos espaços intercelulares é imediatamente congelada na forma de pequenos cristais de gelo, originando produtos congelados de maior qualidade (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010). Diversos parâmetros devem ser controlados no processo de congelamento para manter a eficiência deste método. Dentre esses parâmetros se encontra a temperatura de congelamento, a umidade relativa do ar, a velocidade de circulação do ar e a composição atmosférica (FREITAS; FIGUEIREDO, 2000).

O pão de queijo é um alimento de origem mineira, tendo sua produção em escala industrial desde meados do ano de 1990. Este é grande importância para o mercado consumidor, pois seu consumo está em constante crescimento (MACHADO; PEREIRA, 2010). Porém, tal alimento ainda não possui um padrão de identidade e qualidade estabelecido por legislação. Este produto é comercializado em lanchonetes e padarias já assados ou também pode ser encontrado congelado para ser preparado e consumido em casa. Os pães de queijo são uma ótima opção para os portadores da doença celíaca, pois este produto não contém glúten em sua formulação (MACHADO; PEREIRA, 2010).

A massa de pão de queijo é caracterizada como um produto não fermentado, obtido através de fécula de mandioca, queijo, ovos, óleos e/ou gorduras, água e/ou leite, sal e outros ingredientes, podendo ser fornecido resfriado ou congelado. O produto que obtiver na sua formulação outro tipo de fécula, além da fécula de mandioca, e a adição de outros ingredientes (como por exemplo, aromas e corante), pode ser denominado como massa de pão de queijo mista com outros ingredientes. O leite usado para o preparo do pão de queijo substitui o uso da água, de modo que suas proteínas auxiliam na maciez do produto, e os sais minerais contribuem para a consistência da massa. Este ingrediente também auxilia o queijo na texturização da massa, conferindo um sabor mais marcante e deixando o interior dos produtos mais macios. Assim como o leite confere maciez, as gorduras também desempenham esse papel, além de contribuírem para o aumento do valor energético do alimento (PEREIRA et al., 2004). O amido utilizado tem por objetivo conferir estrutura ao produto e absorver água. Ao preparar um pão de queijo com polvilho doce, este irá fornecer características de um pão de queijo com cascas mais duras e um miolo mais pesado. Já quando pela preparação feita com o polvilho azedo, o pão de queijo terá seu miolo mais leve e elástico, apresentando bolhas de ar, e a parte externa do produto (casca) ficará mais uniforme. São vários os tipos de queijos que podem ser usados na fabricação deste alimento como, por exemplo, o muçarela, o parmesão e o minas curado. A propriedade que o queijo confere ao produto é sabor e aroma, auxiliando também na estrutura e na textura ao final do processamento (SANTOS, 2006). Por fim, a tecnologia de processamento dos pães de queijo pode ser conduzida por meio de dois métodos, sendo eles o escaldamento ou o uso de féculas pré-gelatinizadas. A tecnologia de escaldamento depende do aquecimento do leite para que se obtenha a liga desejável na massa do produto. Já as féculas pré-gelatinizadas têm por si o papel de conferir homogeneidade e coesão na massa sem que seja necessário o uso do calor (APLEVICZ, 2006).

A lactose é o principal carboidrato presente no leite e em seus derivados. Sua estrutura é composta por dois monossacarídeos, sendo eles a galactose e a glicose. Recentemente, grande parte da população enfrenta um problema conhecido como intolerância à lactose, que ocorre quando o indivíduo não produz em seu organismo a enzima necessária para realizar a hidrólise desse carboidrato (BATISTA et al., 2018). Neste cenário, as indústrias de alimentos têm desenvolvido produtos sem lactose, a fim de atender ao mercado destas pessoas com restrição alimentar. Tais alimentos são obtidos por meio da hidrólise da lactose presente no leite utilizando o uso industrial da enzima lactase (RAMALHO; GANECO, 2016). A ação desta enzima encontra-se detalhada na Reação 1.

Reação 1: Hidrólise da lactose na presença da enzima lactase



A produção do leite sem lactose pode ser realizada através de duas maneiras: pelo método catalítico feito sob elevadas temperaturas (150 °C), ou pelo método enzimático pela utilização da enzima β- galactosidase, utilizando temperaturas entre 30-40 °C. A obtenção do leite sem lactose através do processo enzimático é mais vantajosa, visto que não causa alterações que possam depreciar o produto, como as reações de escurecimento decorrentes do aquecimento. Ademais, o rendimento do processo enzimático é maior. Quando a lactose é hidrolisada ocorre um aumento na doçura do leite, o que é ideal para adocicar produtos lácteos. A lactose produz formação de cores e substâncias aromáticas provenientes da Reação de Maillard, o que pode ser desejável ou indesejável dependendo do tipo de produto alimentício. Tal reação é caracterizada por ser uma reação de escurecimento não enzimático que utiliza como substratos o grupo amino e uma carbonila de açúcar redutor, sendo influenciada por diversos fatores, como temperatura e pH (RAMALHO; GANECO, 2016).

Segundo a RDC N° 135, de 8 de fevereiro de 2017 (ANVISA), os alimentos isentos de lactose devem conter uma quantidade deste carboidrato igual ou inferior a 100 miligramas por 100 gramas do produto. Esses alimentos devem ser declarados como “isentos de lactose” próximo a denominação de venda. Em relação à rotulagem de alimentos, a RDC N° 136, de 8 de fevereiro de 2017 (ANVISA) declara obrigatório informar à presença de lactose nos rótulos das embalagens de alimentos que contém esse carboidrato (ANVISA, 2017).

Diante disso, o objetivo do projeto se baseou em desenvolver um processo de produção de pão de queijo isento de lactose e determinar os efeitos da ausência deste carboidrato na composição centesimal e no perfil de textura dos pães de queijo fabricados, comparando-os com os parâmetros físico-químicos de pães de queijo com formulação tradicional.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparo das massas de pão de queijo tradicional e sem lactose

Inicialmente, foram preparadas as massas do pão de queijo tradicional (PQT) e do pão de queijo zero lactose (PQZ). Ambas as massas de pão de queijo foram feitas com as mesmas

proporções entre os ingredientes, porém para a amostra sem lactose foi realizada a substituição do queijo tradicional (meia cura) para o mesmo tipo de queijo sem lactose (elaborado com a enzima lactase). Além disso, não foi utilizado o leite em pó integral na formulação sem lactose. O método utilizado para o preparo das massas foi a partir do uso de féculas pré-gelatinizadas (amido de mandioca modificado). A formulação de ambas as amostras pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1: Formulação de massa de pão de queijo tradicional

MATÉRIAS - PRIMAS	FORMULAÇÃO TRADICIONAL	FORMULAÇÃO SEM LACTOSE
Fécula de mandioca	3,250 kg	3,250 kg
Polvilho azedo	2,500 kg	2,500 kg
Amido modificado	1,150 kg	1,150 kg
Leite em pó	0,240 kg	Não contém
Queijo meia cura	0,600 kg	0,600 kg
Gorduras	2,350 kg	2,350 kg
Sal	0,270 kg	0,270 kg
Ovos	3,000 kg	3,000 kg
Água	6,000 kg	5,000 kg

Fonte: Próprio autor, 2023.

As etapas do fluxograma de fabricação dos pães de queijo podem ser visualizadas na Figura 1.

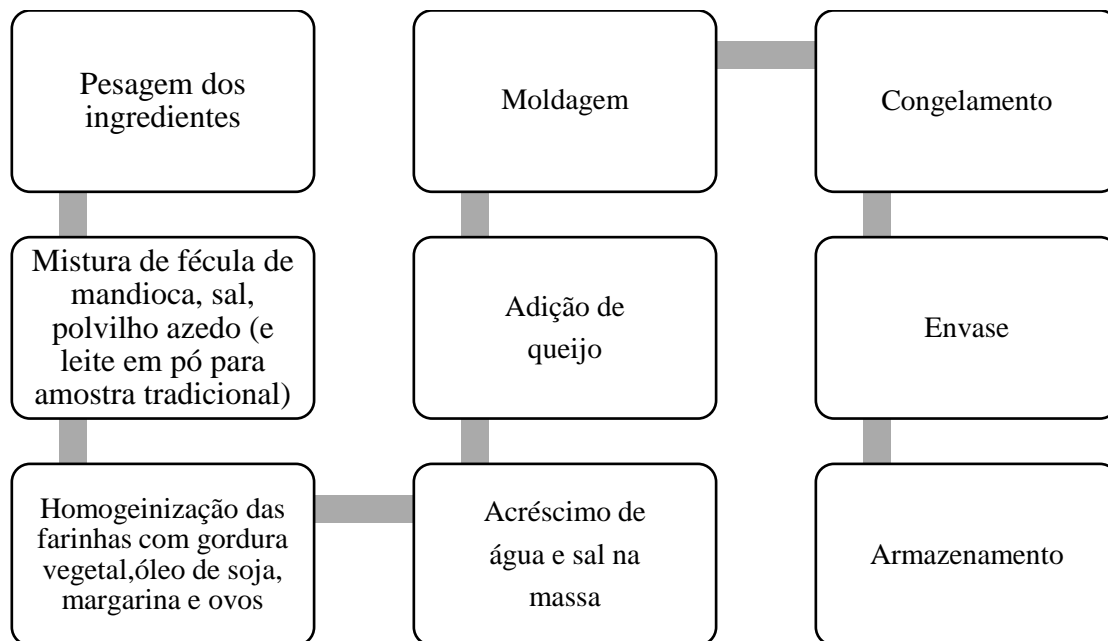


Figura 1: Fluxograma de processamento de pão de queijo a partir do uso de féculas pré-gelatinizadas

Fonte: Próprio autor, 2023.

O preparo da massa se inicia adicionando em uma masseira industrial (Figura 2) (Marca: JMF; Modelo: 200 BE; Brasil) toda a matéria prima seca, a saber: fécula de mandioca, sal, polvilho azedo e leite em pó (para a amostra tradicional). Essa mistura foi submetida ao processo de agitação a fim de misturar todos estes ingredientes. Em seguida, ainda em agitação, foram adicionadas as gorduras e ovos a fim de iniciar a homogeneização da massa. Após essa etapa, foi adicionada água a fim de completar a homogeneização. Por último, acrescentou-se o queijo.



Figura 2: Masseur industrial

Fonte: Próprio autor, 2023.

Quando pronta, a massa foi moldada em porções de, aproximadamente, 25 gramas para cada pão de queijo, em um equipamento industrial conhecido como formadora automática (Figura 3) (Marca: Panitec; Modelo: FB-500-CPL; Brasil). Os pães de queijo, ao passarem pela formadora, ficaram dispostos em placas de nylon e foram submetidos à etapa de congelamento à $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ em um túnel de congelamento com ar forçado (Figura 4) (Marca: Reflop; Brasil) durante, aproximadamente, 40 minutos. Em seguida, os produtos congelados foram envasados manualmente em porções de 500 gramas por embalagem e lacrados com o auxílio de uma seladora automática (Marca: JHM; Modelo: Roadpress G3; Brasil). Terminada a etapa de envase, os pães de queijo foram armazenados em uma câmara fria (Marca: Reflop; Brasil) com temperatura regulada a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, preservando suas características para que pudessem ser analisados.



Figura 3: Formadora automática

Fonte: Próprio autor, 2023.



Figura 4: Túnel de congelamento

Fonte: Próprio autor, 2023.

2.2 Análises laboratoriais

Ambas as amostras foram avaliadas quanto ao teor de proteínas, teor de umidade, teor de resíduo mineral fixo, teor de lipídeos e análise de textura. Os dados de composição centesimal encontram-se apresentados em base úmida. Todas as análises foram realizadas em três repetições e os resultados expressos como média \pm desvio padrão.

2.2.1 Teor de umidade

O teor de umidade das amostras foi avaliado utilizando uma estufa (Marca: Lucadema; Brasil) com temperatura controlada a 105 °C. Nesta análise, uma pequena porção de cada amostra foi submetida ao aquecimento pelo tempo necessário para que se atingisse peso constante. O teor de umidade (%) das amostras foi calculado utilizando a equação 1:

$$Umidade (\%) = 100 - \left(\frac{m' - t}{m - t} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que m = massa total do sistema (vidraria + amostra) no início do processo (g);

m' = massa total do sistema (vidraria + amostra) no final do processo (g);

t = massa da vidraria utilizada no processo (g).

2.2.2 Teor de lipídios

A análise do teor de lipídios presente nas amostras estudadas foi realizada pelo método de Soxhlet, utilizando como solvente extrator o etanol 99%. Este método é considerado um processo físico onde os lipídios são extraídos a partir de lavagens com solventes, como hexano, éter de petróleo, éter etílico ou etanol, sob refluxo.

As amostras previamente secas foram trituradas manualmente em cadinhos de porcelana até a obtenção de pequenas partículas. Aproximadamente 5 gramas de amostra foram colocadas em cartuchos de papel filtro para a realização da análise. As extrações foram realizadas utilizando o equipamento Soxhlet (Marca: Solab Científica; Modelo: SL-202; Brasil), por meio do aquecimento dos balões de fundo chato, a fim de evaporar o solvente que se movia na fase gasosa, passando pelo extrator e seguindo em direção ao condensador, onde era novamente condensado sobre a amostra. Este processo se repetiu provocando inúmeras “lavagens” das amostras, o que levou um tempo de aproximadamente 6 horas (DE FREITAS, 2021).

Em seguida, os balões contendo solvente + lipídio extraído foram submetidos ao aquecimento em um rota-evaporador (Marca: Fisatom; Modelo 801; Brazil) terminando de realizar a evaporação do solvente até se obter apenas a fração lipídica na vidraria. Posteriormente, os balões foram postos em um dessecador para esfriar e assim finalizar a análise do teor lipídico (%), quantificando-o pela diferença entre a massa do balão com amostra ($M_{balão} + M_{amostra}$, g) e a massa do balão sem amostra ($M_{balão}$, g), dividido pela massa inicial de pão de queijo adicionada no sistema ($M_{inicial amostra}$, g) (Equação 2):

$$Lipídios (\%) = \frac{(M_{balão} + M_{amostra}) - (M_{balão})}{M_{inicial amostra}} \quad (2)$$

2.2.3 Teor de proteínas

O teor de proteínas (%) em ambas as amostras foi mensurado pelo do método de Kjeldahl. Este método é realizado em três etapas: digestão, neutralização e titulação. Ele não calcula diretamente o teor de proteínas, mas sim a concentração de nitrogênio presente no alimento. Para esta conversão, é necessário o uso de um fator de conversão F que, no caso de proteínas lácteas, é considerado $F = 6,38$ (ANVISA, 2020).

Na digestão, a amostra é aquecida (350-400 °C) em meio ao ácido sulfúrico e catalisadores a fim de oxidar o nitrogênio (composto orgânico) em sulfato de amônia. Esta etapa

é realizada numa mistura digestora que contém sulfato de cobre, capaz de elevar o ponto de ebulição do ácido sulfúrico para que decomponha a matéria orgânica. A segunda etapa é iniciada quando se conecta o tubo de digestão num destilador de nitrogênio. O hidróxido de sódio 40% (m/v) é adicionado ao tubo sob aquecimento, liberando a amônia da solução, formando borato ácido de amônia. A amônia liberada é transferida para um Erlenmeyer contendo ácido bórico 4,2%, através de destilação. Por fim, o nitrogênio é estimado na última etapa por titulação do borato de amônio com ácido clorídrico 0,1 N. O volume gasto de ácido clorídrico na titulação pode ser relacionado ao teor de nitrogênio presente na amostra, o que pode ser calculado pela seguinte equação (3):

$$\text{Nitrogênio total (\%)} = \frac{(V_{HCl} - V_b) \times M_{HCl} \times fc \times 14}{\text{massa de amostra}} \times 100 \quad (3)$$

em que:

Nitrogênio total (%): teor de nitrogênio total na amostra, em porcentagem;

V_{HCl} : volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mL;

V_b : volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mL;

M_{HCl} : Concentração molar da solução de HCl (mol/L);

fc: fator de correção para o ácido clorídrico;

massa de amostra: massa da amostra, em mg.

Por fim, utilizando o fator de conversão igual a 6,38 (*F*, adimensional), foi possível encontrar o conteúdo proteico dos pães de queijo com e sem lactose (% *Proteínas*) (Equação 4):

$$\text{Proteínas (\%)} = F \times \text{Nitrogênio total (\%)} \quad (4)$$

2.2.4 Teor de resíduo mineral fixo (cinzas)

O teor de resíduo mineral fixo (RMF) corresponde ao teor de cinzas no produto. Este parâmetro foi analisado através da incineração dos pães de queijo em mufla (Marca: Zezimac; Modelo: 2000-C; Brasil) com a temperatura ajustada para 550 °C. Foram pesadas aproximadamente 3,0 gramas de amostra das diferentes formulações, que foram colocadas em cadinhos de porcelana previamente arrefecidos e pesados. As amostras foram incineradas por um período suficiente até a total destruição da matéria orgânica, que se caracteriza pelo aparecimento de cinzas de cor branca (ARAÚJO et al., 2006).

2.2.5 Teor de carboidratos

O conteúdo de carboidratos foi expresso como carboidratos totais, obtido pela diferença entre o teor de proteínas, teor de umidade, teor de cinzas e teor de lipídios (Equação 5):

$$\text{Carboidratos totais (\%)} = 100 - (\text{Umidade(\%)} + \text{Lipídios(\%)} + \text{Proteínas(\%)} + \text{Cinzas(\%)}) \quad (5)$$

2.2.6 Análise de textura

A textura das amostras foi determinada utilizando um texturômetro (TA-XT plus, Stable Microsystems, Inglaterra), controlado por microcomputador. Os pães de queijo com e sem lactose foram acondicionados em estufa B.O.D., na temperatura de 2 °C por 5 h antes da realização da análise. Foi realizado um teste de compressão usando uma probe cilíndrica de acrílico de 1,2 cm de diâmetro e 4 cm de comprimento, com velocidade de 1,0 mm/s, e uma distância fixa para penetração da probe de 15 mm. O valor considerado foi a força máxima (N) obtida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Composição centesimal

Os valores dos parâmetros que descrevem a composição centesimal das amostras de pães de queijo com e sem lactose, expressos em base úmida, encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Dados de composição centesimal para pães de queijo com e sem lactose

AMOSTRAS	Umidade (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Resíduo mineral fixo (%)	Carboidratos totais (%)
PQZ	44% ± 0,522	22% ± 0,04	1,92% ± 0,28	1,9% ± 0,11	30,18%
PQT	46% ± 0,062	21% ± 0,19	2,55% ± 0,40	2,1% ± 0,23	28,35%

* PQZ: Pão de queijo zero lactose; PQT: Pão de queijo tradicional

Fonte: Próprio autor, 2023.

Observou-se que a amostra sem lactose apresentou umidade inferior à amostra tradicional. Na formulação de pão de queijo sem lactose foi adicionada uma quantidade de água necessária para atingir a consistência ideal na massa, que foi menor do que a massa de água

adicionada à mistura tradicional, uma vez que nesta segunda formulação há menor quantidade de ingredientes secos a serem solubilizados, como o leite em pó, por exemplo (ARAÚJO et al., 2006).

Os percentuais obtidos para o teor de lipídios nas amostras sem lactose e com lactose foram de 22% e 21%, respectivamente. Ambas as formulações apresentaram teor de proteínas inferior ao valor médio obtido por Pereira et al. (2005), que foi de 5,6% para amostras de pão de queijo congeladas. O teor de proteína pode variar devido a diversos fatores como pelo uso de diferentes quantidades de leite, ovos e queijo utilizados na formulação. Dito isso, como o pão de queijo sem lactose não conta com leite em sua formulação, já se esperava que o percentual de proteínas fosse inferior à amostra tradicional.

Com os resultados obtidos, pode-se verificar que o percentual de cinzas foi maior na amostra tradicional. Essa diferença de valor pode ser justificada pela presença de leite em pó na formulação tradicional, ingrediente que contém minerais em sua composição. De acordo com Cavalcanti et al. (2019), o uso de diferentes ingredientes na formulação de um produto pode levar à variação no percentual de cinzas.

Para a análise de carboidratos totais nas amostras, notou-se que os pães de queijo sem lactose apresentaram um percentual maior do que nos pães de queijo tradicional. Este resultado não era esperado, uma vez que no pão de queijo sem lactose, este carboidrato estava ausente. O resultado para essa análise pode estar relacionado com os erros nos valores obtidos anteriormente nas outras análises realizadas (umidade, lipídios, cinzas e proteínas).

Na Figura 5, é possível visualizar os pães de queijo tradicional e sem lactose em cinco tempos distintos de aquecimento (0; 10; 20; 30 e 40 min). As amostras dispostas do lado direito representam os pães de queijo sem lactose, enquanto no lado esquerdo, observam-se as amostras tradicionais. A etapa de forneamento foi conduzida em um forno turbo elétrico (Marca: PROGÁS; Modelo: FAST OVEN PRP-004 G2, Brasil) utilizando a temperatura do forno de 180°C.

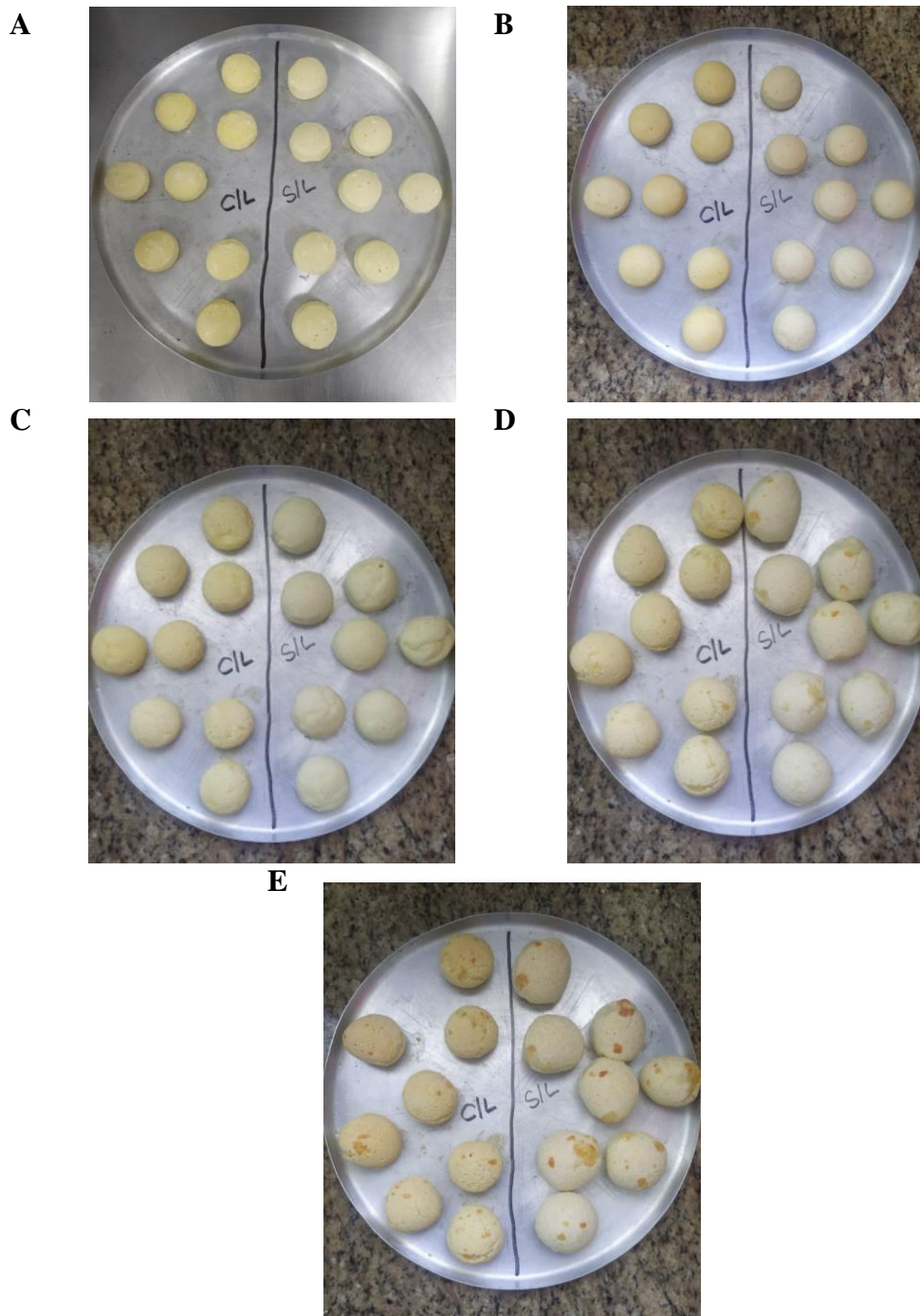


Figura 5: Pães de queijo diferentes tempos de forneamento. A: 0 minutos de aquecimento; B: 10 minutos de aquecimento; C: 20 minutos de aquecimento; D: 30 minutos de aquecimento; E: 40 minutos de aquecimento. C/L: pães de queijo com lactose; S/L: pães de queijo sem lactose.

Fonte: Próprio autor, 2023.

3.2 Análise de textura

O gráfico a seguir exemplifica o comportamento das amostras quando submetidas à análise de textura, expressa como a força máxima de compressão obtida como resposta, para as amostras de pão de queijo com e sem lactose (Figura 6).



Figura 6: Força máxima (N) de compressão para as amostras de pão de queijo com e sem lactose obtida pela análise de textura

Fonte: Próprio autor, 2023.

Observou-se um valor mais elevado da força máxima de compressão para os pães de queijo sem lactose em comparação à amostra tradicional. Tal resultado já era esperado e concorda com o maior teor de umidade do produto encontrado para as amostras tradicionais. Este resultado para a análise de textura pode se relacionar diretamente com a presença de leite em pó na composição do produto, uma vez que o uso dessa matéria-prima faz com que seja necessária a adição de mais água na formulação para que este ingrediente seja diluído, o que pode ter contribuído para a diminuição da consistência da amostra.

4. CONCLUSÃO

Com as análises finalizadas, conclui-se que a tentativa de produzir um pão de queijo que atenda às necessidades dos consumidores intolerantes a lactose foi bem-sucedida, a qual se baseava em fabricar um produto com características próximas à formulação original.

Ao se tratar das características físico-químicas do produto, notou-se que a ausência de leite na formulação dos pães de queijo sem lactose interferiu diretamente nas mesmas, como no caso do teor de proteínas e cinzas que foi inferior nas amostras sem lactose. Este resultado era esperado, visto que o leite é um alimento que contém proteínas e minerais.

Em relação às outras análises realizadas, o teor lipídios e a força máxima de compressão apresentaram valores maiores para os pães sem lactose em comparação aos pães de queijo tradicional. Por fim, em relação ao teor de umidade, observou-se valores inferiores na amostra de pão de queijo sem lactose em relação ao tradicional, podendo estar relacionado com a menor adição de água na formulação destes produtos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC Nº 135, De 8 De Fevereiro de 2017.** Regulamento técnico referente a alimentos para fins especiais, para dieta com restrição de lactose, 2017. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=44&data=09/02/2017>. Acesso em: 10 jan. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. - **IN Nº 75, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020.** Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados, 2020. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/%283%29IN_75_2020_COMP.pdf/e5a331f2-86db-4bc8-9f39-afb6c1d7e19f. Acesso em: 23 mar 2023.

APLEVICZ, Krischina Singer. **Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandioca nativa e modificada.** 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006. Disponível em: <<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/683/1/Krischina%20Singer.pdf>>. Acesso em: 6 jan. 2023.

ARAÚJO, Adriano Antunes de Souza; MERCURI, Lucildes Pita; SEIXAS, Sérgio Ricardo Stuckert; STORPIRTIS, Sílvia; MATOS, Jivaldo do Rosário. Determinação dos teores de umidade e cinzas de amostras comerciais de guaraná utilizando métodos convencionais e análise térmica. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, [s.l.], v. 42, n. 2, p. 2-6, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-93322006000200013>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322006000200013&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 20 jan. 2023.

BATISTA, Raíssa Aparecida Borges et al. **Lactose em alimentos industrializados: avaliação da disponibilidade da informação de quantidade: ciência e saúde coletiva.** Ciência e saúde coletiva. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232018001204119. Acesso em: 13 jan. 2023.

CAVALCANTE, Rodrigo Barbosa Monteiro; FERRO, Maria Lemes Campos Rodrigues; MACHADO, Renata de Souza; DIAS, Tiago; FERREIRA, Tânia Aparecida Pinto de Castro. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DETERMINADA E A DECLARADA DE PÃES DE QUEIJO DE DIFERENTES MARCAS. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, [S.L.], v. 6, n. , p. 79-85, 16 jun. 2019. Universidade Federal do Tocantins. <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359365220196especialp79>. Disponível em:

<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/6887/15288>. Acesso em: 10 jan. 2023.

DE FREITAS, Carlos Eduardo Pereira et al. Extração do óleo de castanha-do-Pará via Soxhlet utilizando solvente alternativo. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 52474-52482, 2021.

FREITAS, Ana Costa; FIGUEIREDO, Paulo. **Conservação de Alimentos**: .. S.l: Lisboa 2000, . 203 p. Disponível em: <http://www.pfigueiredo.org/Book.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LIMA, Flávio Luís de Souza. **Alimentos Congelados**: .. S.l: .., 2012. 70 p. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/alimentos-congelados%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/alimentos-congelados%20(1).pdf). Acesso em: 5 jan. 2023.

MACHADO, Antonio Vitor; PEREIRA, Joelma. **Perfil Reológico de Textura e da Massa do Pão de Queijo**: .. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000400030. Acesso em: 5 jan. 2023.

PEREIRA, Joelma et al. **Função dos Ingredientes na Consistência da Massa e nas Características do Pão de Queijo**: .. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v24n4/a03v24n4.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PEREIRA, J.; SILVA, R. P. G.; NERY, F. C.; VILELA, E. R. Comparação entre a composição química determinada e a declarada na embalagem de diferentes marcas de pão de queijo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 3, p.623-628, 2005.

RAMALHO, Maria E. O.; GANECO, Aline G.. **Intolerância a lactose e processamento de produtos zero lactose**: .. São Paulo -sp: Sem Editora, 2016. 130 p. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/130/113>. Acesso em: 20 jan. 2023.

SANTOS, José Ricardo Uclés. **Desenvolvimento de pão de queijo funcional pela incorporação de isolado proteico de soja e polidextrose**. 2006. 319 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - Sp, 2006. Cap. 1. Disponível em:

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256339/1/UclesSantos_JoseRicardo_M.pdf.
Acesso em: 10 jan. 2023.

VASCONCELOS, Margarida Angélica da Silva; MELO FILHO, Artur Bibiano de. **Conservação de alimentos**: técnico em alimentos. S.l: Ufrpe/codai, 2010. 122p. Disponível em:

http://redeotec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prod_alim/tec_alim/181012_con_alim.pdf.
Acesso em: 15 jan. 2023.