

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**DE ALIMENTOS**

**Ana Paula Alves da Silva**

**Efeito do congelamento e de hidrocoloides sobre as características de  
sobremesa láctea tipo *cheesecake***

**Passo Fundo**  
**2021**

**Ana Paula Aves da Silva**  
**Bacharel em Farmácia**

**Efeito do congelamento e de hidrocoloides sobre as características de  
sobremesa láctea tipo *cheesecake***

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Christian Oliveira Reinehr  
Linha de pesquisa: Qualidade e propriedades funcionais de alimentos

**Passo Fundo**

**2021**

CIP – Catalogação na Publicação

---

S586e Silva, Ana Paula Alves da  
Efeito do congelamento e de hidrocoloides sobre as  
características de sobremesa láctea tipo *cheescake*  
[recurso eletrônico] / Ana Paula Alves da Silva. – 2021.  
1.7 MB ; PDF.

Orientador: Prof. Dr. Christian Oliveira Reinehr.  
Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de  
Alimentos) – Universidade de Passo Fundo, 2021.

1. Alimentos – Conservação. 2. Comidas congeladas.  
3. Laticínios. 4. Hidrocoloides. I. Reinehr, Christian  
Oliveira, orientador. II. Título.

CDU: 664.8/9

---

Catalogação: Bibliotecária Juliana Langaro Silveira - CRB 10/2427

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**“Efeito do congelamento e de hidrocoloides sobre as características de sobremesa láctea  
tipo *cheesecake*”**

Elaborada por  
**Ana Paula Alves da Silva**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**Comissão Examinadora**



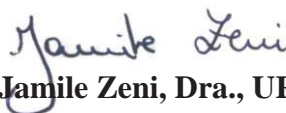
**Christian Oliveira Reinehr, Dr., UPF  
(Orientador/Presidente)**



**Bárbara Biduski, Dra., UPF**



**Luciane Maria Colla, Dra., UPF**



**Jamile Zeni, Dra., URI**

**Passo Fundo, RS, Brasil  
2021**

Dedico esse trabalho aos meus pais e esposo, que sempre me apoiaram, incentivaram incondicionalmente para que eu alcançasse e concluísse mais essa etapa em minha vida.

Ao meus familiares e amigos que de uma forma ou outra fizeram parte desta caminhada, no decorrer desses anos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar coragem em continuar e não desistir, permitir concluir mais uma etapa na minha vida.

Agradeço ao meu esposo Marcus pelo incentivo, compreensão, paciência e amor, pois foi fundamental para essa realização em mais uma etapa na minha vida. Aos meus pais e familiares, pelo apoio, amor, compreensão nos momentos ausentes.

Ao meu orientador professor Dr. Christian Oliveira Reinehr pela orientação científica, ensinamento transmitido, disponibilidade, incentivo no decorrer desses anos.

A Barbara Biduski que me ajudou em todos os momentos que precisei, pelo conhecimento transmitido, pela sua paciência no decorrer do mestrado.

À professora Luciane Colla pela ajuda no decorrer do mestrado, você é uma das pessoas que me fez acreditar que podia chegar até aqui, sempre com palavras de incentivo e crescimento pessoal.

Agradeço aos amigos e colaboradores dos laboratórios do curso de Engenharia de Alimentos e CEPA, pelo convívio, pelo suporte, pela ajuda para elaboração do meu projeto de estudo.

Agradeço aos colegas da turma de mestrado, por dividirem momentos de alegrias e de dificuldade, pela ajuda, ensinamento e apoio.

Agradeço à Universidade de Passo Fundo, em especial ao Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA, aos professores por todo conhecimento transmitido, cada um com seus ensinamentos e palavras de incentivo.

Aos meus amigos pela paciência, apoio, palavras de conforto, incentivo, enfim obrigada pela amizade, pois são nesses momentos que percebemos os verdadeiros amigos.

A todas as pessoas que com sua boa vontade me ajudaram nessa caminhada, a todos que contribuíram, o meu muito obrigada.

## RESUMO

O congelamento é um método amplamente utilizado para preservar as propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos. Além disso, possibilita a redução das reações químicas e físicas a fim de manter a qualidade e a segurança alimentar. Entretanto, esse processo pode causar alterações nos alimentos devido à formação de cristais de gelo, os quais danificam a microestrutura da matriz celular, acarretando danos no produto final. O uso de hidrocoloides é uma opção para minimizar os efeitos do congelamento devido a suas propriedades de estabilização. As sobremesas são amplamente consumidas em todo o mundo, mostrando-se parte integrante da alimentação, mas a grande maioria é oriunda do leite e precisa de refrigeração por sua perecibilidade. Objetivou-se avaliar os efeitos do congelamento e da adição de diferentes hidrocoloides em sobremesas lácteas tipo *cheesecake* sobre as suas características físico-químicas e sensoriais. Foram produzidas formulações com adição de hidrocoloides (carboximetilcelulose (CMC), goma guar e goma xantana), assim como uma formulação padrão. Em seguida foram congeladas em freezer convencional (-20°C) e ultrafreezer (-70°C). As amostras foram caracterizadas quanto a textura, cor, pH, atividade de água, sinérese e análise sensorial. Os resultados mostraram que a adição dos hidrocoloides e o congelamento não alteraram significativamente o pH e sinérese dos *cheesecakes* avaliados. O congelamento convencional diminuiu os valores de atividade de água. Na avaliação da cor os *cheesecakes* que passaram por congelamento ficaram mais claros em todas as situações e com maior tendência a cor amarela. Na análise do perfil de textura o *cheesecake* com CMC e *cheesecake* com goma xantana tiveram seus valores de dureza maiores que os demais. Houve diferença na dureza entre o *cheesecake* com goma xantana submetido ao congelamento convencional e *cheesecake* com goma xantana submetida ao congelamento no ultrafreezer. No parâmetro adesividade pode-se observar que todos os *cheesecakes* foram iguais ao *cheesecake* padrão, ou seja, o processo não afetou essa propriedade. Os resultados de aceitabilidade mostraram que a adição de hidrocoloides e o processo de congelamento não tiveram influência negativa para aparência, cor, textura e impreção global, mas mostrou influência no parâmetro sabor, embora todos os *cheesecakes* tenham sido iguais ao *cheesecake* padrão. Concluiu-se que o processo de congelamento indicado para essa sobremesa após as análises realizadas é em ultrafreezer, por causar menos alterações físicas, químicas e sensoriais no *cheesecake*. Em relação ao uso de hidrocoloides nessa sobremesa, a adição não trouxe benefícios nas condições avaliadas.

Palavras-chave: congelamento lento, congelamento rápido, goma guar, goma xantana, CMC.

## ABSTRACT

Freezing is a widely used method to preserve the sensory and nutritional properties of foods. Moreover, it reduces chemical and physical reactions in order to maintain food quality and safety. However, this process can cause changes in food due to the formation of ice crystals, which damage the microstructure of the cellular matrix, changing the final product. The use of hydrocolloids is an option to minimize the effects of freezing due to their stabilizing properties. Desserts are widely consumed around the world, comprising part of the diet. Dairy dessert needs refrigeration as they are perishable. This study aimed to evaluate the effects of freezing and different hydrocolloids added to cheesecake desserts on physicochemical and sensory characteristics. Formulations were produced with the hydrocolloids (carboxymethylcellulose (CMC), guar gum and xanthan gum), as well as a standard formulation. Then, samples were frozen in a conventional freezer (-20°C) and ultrafreezer (-70°C) and characterized for texture, color, pH, water activity, syneresis and sensory analysis. The addition of hydrocolloids and freezing did not significantly change the pH and syneresis of the cheesecakes evaluated. Conventional freezing decreased water activity values. Freezing process caused increase in luminosity of cheesecakes with increase in yellowish color. The addition of CMC and xanthan gum increased hardness of cheesecakes. Freezing process also influenced hardness of cheesecakes with xanthan gum. Adhesiveness of all cheesecakes was equal to the standard cheesecake, that is, the process did not affect this property. The acceptability showed that the addition of hydrocolloids and the freezing process had no negative influence on appearance, color, texture and overall impression, but showed influence on the flavor parameter, although all cheesecakes have been equal to the standard cheesecake. It was concluded that the freezing process at -70°C is indicated for cheesecake storage, as it caused less physical, chemical and sensory changes in the samples. Regarding the use of hydrocolloids in this dessert, their addition did not bring benefits under the conditions evaluated.

Keywords: slow freezing, fast freezing, guar gum, xanthan gum, CMC.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Sobremesas lácteas.....</b>	<b>12</b>
2.1.1. <i>Cheesecake</i> .....	13
<b>2.2. Congelamento.....</b>	<b>14</b>
2.2.1. Técnicas de congelamento.....	15
2.2.2. Congelamento de produtos lácteos.....	19
<b>2.3. Hidrocoloides.....</b>	<b>20</b>
2.3.1. Classificação e uso dos hidrocoloides.....	21
2.3.2. Propriedades funcionais dos hidrocoloides.....	25
2.3.2.1. <i>Gelificação</i> .....	25
2.3.2.2. <i>Emulsificação e estabilização</i> .....	26
<b>2.4. Aplicação dos hidrocoloides no congelamento.....</b>	<b>26</b>
<b>3. ARTIGO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1. Introdução.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2. Materiais e Métodos.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3. Resultados e discussão.....</b>	<b>37</b>
<b>3.4. Conclusão.....</b>	<b>54</b>
<b>3.5. Referências.....</b>	<b>55</b>
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE B - Ficha do teste de aceitabilidade e CATA.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE C - Esquema de randomização.....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A preservação de alimentos é necessária para nossa sobrevivência (WEI et al., 2019; GRAM et al., 2002), e a conservação do alimento é imprescindível para garantir a qualidade e a segurança alimentar. A deterioração é caracterizada por qualquer alteração em um alimento, seja físico ou química, ou sensorial (aparência, textura, sabor e odor), que torne o alimento inaceitável para o consumidor (GRAM et al., 2002).

O congelamento é um método de conservação muito conhecido e usado na indústria, com intuito de manter a qualidade e segurança do alimento (JHA et al., 2018; ZHU; ZHOU; SUN, 2019; DALVI-ISFAHAN et al., 2019; LE-BAIL et al., 2008) e prolonga o tempo de vida útil (BIGLIA et al., 2017; ZHU; ZHOU; SUN, 2019; DALVI-ISFAHAN et al., 2019). Entretanto, este método de conservação pode alterar as propriedades dos alimentos, com danos a estrutura celular, com alterações nas características tanto físicas e sensoriais (JHA et al., 2018).

Produtos alimentares ricos em leite favorecem a deterioração, e como as sobremesas na sua maioria são adicionadas de leite, precisam de refrigeração, têm um curto período para que sejam consumidas e comercializadas (MAHMOOD et al., 2017). O *cheesecake* é uma sobremesa conhecida, produzida em confeitarias, padarias e supermercados. Consiste em um recheio a base de queijo macio (cream cheese, ricota ou cottage), açúcar, ovos e fica sobre uma base feita de biscoito, ou massa pão de ló, podem ser assados ou não (YASIN; SHALABY, 2013).

O tempo de vida útil do *cheesecake* é limitado, seu prazo de validade é de no máximo sete dias (GUTIERREZ; MELEDDU; PIGA, 2017) sendo necessário o descarte. Uma alternativa para evitar esses problemas, em relação ao aumento do tempo de prateleira quanto para evitar a perda do produto é através do congelamento.

Além disso, a rotina acelerada, muitas vezes inviabiliza a produção de uma sobremesa cujo tempo de preparo médio é de 4 a 6 horas. E não apenas a produção caseira fica inviável, mas também a produção em estabelecimentos comerciais onde a rotina de trabalho e produção de alimentos estão organizados, e o imprevisto de clientes pedirem sobremesas que não estão disponíveis, acabam atrapalhando a produção ou até mesmo a não entrega do pedido ao cliente. Assim, o congelamento dos produtos pré-preparados ou prontos é uma alternativa para minimizar esses problemas, uma vez que poderá preservar o alimento, otimizando o tempo de

preparo, mantendo as características organolépticas e sensoriais iniciais do produto, sem descaracterizá-lo.

Conhecendo os problemas gerados pelo congelamento e possíveis alterações que podem ocorrer no produto após o degelo, torna-se necessária a busca de alternativas para evitar os efeitos indesejáveis e alterações nos atributos sensoriais e organolépticos na sobremesa. O uso de hidrocoloides nas formulações de alimentos torna-se uma alternativa positiva para minimizar esses danos causados pelo congelamento (LI; NIE, 2016; SAHIN; OZDEMIR, 2014; MAHMOOD et al., 2017). Vários hidrocoloides conferem diferentes efeitos crioprotetores aos produtos alimentares, dependendo de sua solubilidade, capacidade de retenção de água, propriedades reológicas (MAITY; SAXENA; RAJU, 2018 apud ZEYNALI; NAJI-TABASI; FARAHMANDFAR, 2019). Além disso, algumas outras aplicações interessantes são seu uso como estabilizadores, emulsificantes ou agentes inibidores da cristalização (MAHMOOD et al., 2017).

Esta dissertação se enquadra na linha de pesquisa de “Qualidade e propriedades funcionais de alimentos”, dentro do projeto de pesquisa “Avaliação e controle de qualidade de alimentos”, do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo.

Diante deste contexto, o presente estudo teve com objetivo avaliar o congelamento em sobremesas lácteas tipo *cheesecake* com o uso de agentes crioprotetores, visando minimizar alterações sensoriais. Para alcançar os objetivos principais, os seguintes objetivos específicos foram delineados:

- a) avaliar a estabilidade do *cheesecake* submetido ao congelamento;
- b) comparar diferentes métodos de congelamento sobre as características do *cheesecake*;
- c) analisar a adição de hidrocoloides para minimizar os efeitos do congelamento;
- d) avaliar os efeitos do congelamento nas características sensoriais do *cheesecake*.

Este trabalho está estruturado em 2 capítulos, conforme especificado a seguir: no capítulo 1, é apresentada a revisão bibliográfica deste trabalho; no capítulo 2, é apresentado o artigo experimental.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. SOBREMESAS LÁCTEAS

Entende-se por sobremesa láctea o produto lácteo pronto para o consumo, composto pela mistura de leite, em suas diversas formas, padronizado ou não em seu teor de gordura, proteína ou ambos, com derivados lácteos ou substâncias alimentícias, ou ambos, podendo ser adicionada de amidos, amidos modificados e maltodextrina. A sobremesa láctea pode ser apresentada nas formas pastosa, semisólida, sólida, aerada, gelificada, entre outras formas tecnologicamente reconhecidas. As sobremesas lácteas deverão apresentar mais que 50% m/m (massa/massa) de leite e outros produtos lácteos, isolado ou em combinação, do total de ingredientes do produto (BRASIL, 2019).

Embora a preferência pelo doce seja de origem evolutiva, a sobremesa é um acontecimento cultural. Ao longo da história, as culturas encontraram nos frutos usos para a sobremesa: tâmaras secas, figos e outras frutas foram comumente usadas para esse fim no antigo Oriente Médio, o suco de uva costumava ser cozido em uma calda grossa e doce para adoçar bolos. No Egito, a apicultura remonta a pelo menos 4500 anos e atualmente o adoçante antigo mais difundido é o mel. Os doces foram entregues aos deuses na Mesopotâmia Antiga e continuam a ser a oferta sagrada preferida entre os hindus (KRONDL, 2011).

No passado, a sobremesa estava disponível apenas para as pessoas ricas; a criação de doces era sempre reservada para ocasiões especiais em que o custo não era um problema. A Roma imperial tinha confeitários profissionais em suas confeitarias. Na Veneza renascentista, também se esperava que os confeitários fossem escultores habilidosos, às vezes colaborando com artistas renomados. Isso fez com que o açúcar fosse um dos primeiros ingredientes alimentares a promover o comércio internacional, afinal, o coração da sobremesa é o açúcar. Na Europa, o açúcar era um tempero raro e caro, antes que as plantações de escravos do Novo Mundo disponibilizassem sua confeitaria (ALIJA; TALENS, 2012).

Sobremesas lácteas de diferentes sabores são amplamente consumidas na Europa. Basicamente, eles são formulados com leite, espessantes (amido e hidrocolóides), sacarose, aroma de baunilha e corantes. Variações nas características desses ingredientes, teor de gordura do leite, tipo e concentração de amido, tipo e concentração de hidrocolóide, aroma e corante e suas interações cruzadas produzirão diferenças notáveis nas propriedades físicas e

sensoriais dos produtos formulados, e estas diferenças podem influenciar sua aceitação pelos consumidores (TÁRREGA; COSTELL, 2007).

### 2.1.1. *Cheesecake*

O *cheesecake* é uma sobremesa conhecida a muito tempo, há relatos de que essa iguaria tenha surgido na Grécia Antiga, onde era muito popular e que tenha sido servida durante os Jogos Olímpico, na Ilha de Delos, em 776 a.C. Somente depois da conquista dos gregos pelo Império Romano é que ficou conhecida no resto do continente europeu. Mundialmente apreciada e muito popular nos Estados Unidos (FARIAS, 2011).

Entretanto, o *cheesecake* se assemelha mais a um pudim. É uma mistura semilíquida de leite, açúcar, ovos e cream cheese, que fica firme com a coagulação dos ovos. Diversos países têm preparações típicas semelhantes, mas usando os queijos locais. Nos EUA, a maioria dos *cheesecake* são feitos com cream cheese, sendo que o típico de Nova York é mais untuoso e leva creme de leite fresco além do cream cheese. Na Itália é feito com ricota, na Alemanha é feito com queijo quark (GISSLEN, 2011).

O *cheesecake* consiste em uma cobertura feita de queijo macio e fresco, geralmente em uma crosta ou base feita de biscoito, massa ou pão de ló. Eles podem ser assados ou não. Os *cheesecakes* geralmente são adoçados com açúcar e podem ser aromatizados ou cobertos com frutas, nozes, molho de frutas e/ou chocolate. A textura de qualquer *cheesecake* pode variar bastante, de leve e arejada a densa e rica a suave e cremosa. Todos os *cheesecakes* começam com queijo, geralmente creme de queijo, queijo ricota, queijo cottage ou, às vezes, queijo suíço ou cheddar. O recheio é feito por creme de queijo e mistura com ovos, açúcar. A mistura é então assada. Existem centenas de diferentes receitas de *cheesecake* em função dos ingredientes utilizados. O ingrediente mais essencial em qualquer *cheesecake* é o queijo (YASIN; SHALABY, 2013).

O *cheesecake* tem uma vida útil curta, um prazo de validade máximo de uma semana (GUTIERREZ; MELEDDU; PIGA, 2017), contudo, ocasionando a perda do produto.

As perdas de alimentos podem ocorrer devido à redução de nutrientes e alterações indesejáveis no sabor, textura ou cor, ou quantitativas conforme medidas pela diminuição de peso ou volume. As perdas ocorrem por retração natural (por exemplo, perda de umidade), crescimento de bolores, controle inadequado das condições ambientais, entre outros, ocasionando o desperdício do alimento (BUZBY; HYMAN, 2012). Ainda, as perdas podem ser ocasionadas devido a quantidade total de produtos que não foram vendidos, por um acúmulo

de fatores depreciativos como falhas aparentes, embalagens danificadas, vencimento do prazo de validade antes da data de validade ou prazo de vencimento) (LEBERSORGER; SCHNEIDER, 2014).

Uma alternativa efetiva de minimizar a perda do produto, prolongar o tempo de durabilidade e evitar crescimentos de microrganismos é o congelamento. Como já se sabe é um método conhecido e comprovado mundialmente que garante a conservação e segurança do alimento.

## **2.2. CONGELAMENTO**

O congelamento é um método de conservação de alimentos amplamente utilizado para manter a qualidade e a segurança dos alimentos (JHA et al., 2018; ZHU; ZHOU; SUN, 2019; DALVI-ISFAHAN et al., 2019; LE-BAIL et al., 2008). A conservação e preservação dos produtos alimentícios por um longo período de tempo pode ser garantida pela baixa temperatura de armazenamento. Durante o congelamento, a água é transformada em cristais de gelo e a atividade da água do sistema alimentar diminui devido à redução da água líquida disponível. A atividade reduzida da água ajuda a preservar os alimentos por períodos maiores (DALVI-ISFAHAN et al., 2017), e as temperaturas congelantes reduzem a taxa de reações químicas, bem como a atividade de microrganismos e enzimas, prolongando a vida útil dos alimentos congelados (CHAROENREIN, 2018; DALVI-ISFAHAN et al., 2017).

Ainda que o congelamento se apresente como o melhor recurso de conservação de alimentos, as mudanças físicas e químicas que ocorrem no alimento durante o processamento e o armazenamento, podem prejudicar a qualidade do produto final (DALVI-ISFAHAN et al., 2019; JHA et al., 2018; POUDYAL et al., 2019).

O congelamento é um processo de preservação de alimento, no entanto, alterações são causadas por esse processo, devido a formação de cristais de gelo, danificam a microestrutura dos alimentos, levando a diminuição da qualidade dos mesmos (DALVI-ISFAHAN et al., 2019; CHAROENREIN, 2018; JHA et al., 2018; ZHU; ZHOU; SUN, 2019). As consequências incluem, a perda de turgescência e textura, gotejamento e mudanças de cor e sabor (CHAROENREIN, 2018; KOBAYASHI et al., 2015). Diante disso, é necessário um acompanhamento mais minucioso no processo de congelamento, avaliando as microestruturas dos alimentos congelados, para melhorar a qualidade final dos produtos na indústria de alimentos. (DALVI-ISFAHAN et al., 2019; JHA et al., 2018).

O processo de congelamento das matrizes alimentares estão relacionadas ao seu alto teor de água e suas conversão em gelo no resfriamento (DALVI-ISFAHAN et al., 2017), sendo que a qualidade final do produto congelado é altamente dependente da morfologia do cristal de gelo. Os cristais de gelo formados podem impactar consideravelmente a integridade celular, resultando em perda e degradação da qualidade dos alimentos. É amplamente documentado que o tamanho, a morfologia e a distribuição dos cristais de gelo estão altamente conectadas com condições de congelamento, como a taxa de congelamento, que afeta a nucleação e subsequentemente a geração de cristais de gelo (ZHU; ZHOU; SUN, 2019).

Logo, a indústria alimentícia busca novas metodologias de congelamento, com intuito de melhorar a formação de cristais de gelo, tornando-os menores e impedindo que os produtos alimentares sofram danos por congelamento (JHA, 2018).

### **2.2.1. Técnicas de congelamento**

O congelamento está entre os métodos mais populares e eficientes de preservação de alimentos e consiste em três etapas, ou seja, resfriar o produto até o seu ponto de congelamento (etapa de pré-resfriamento ou resfriamento), retirar o calor latente de cristalização (etapa de transição de fase) e finalmente resfriar o produto até a temperatura final de armazenamento (estágio de têmpera) (KIANI; SUN, 2011).

A parte de transição de fase do processo de congelamento envolve a conversão de água em gelo por meio do processo de cristalização e é a etapa chave para determinar a eficiência do processo e a qualidade do produto congelado ( KIANI; SUN, 2011; QIU et al., 2020).

Com propósito de compreender a relação entre a microestrutura e os cristais de gelo ocasionado pelo congelamento e obter produtos alimentares de alta qualidade, é essencial medir e controlar efetivamente o comportamento dos cristais de gelo (ZHU; ZHOU; SUN, 2019; DALVI-ISFAHAN et al., 2019; LE-BAIL et al., 2008).

Durante a técnica de congelamento lento, a propagação de gelo pode acompanhar melhor a remoção de calor, resultando em menor quantidade de núcleos, os quais são os pontos de nucleação para formação de cristais de gelo maiores (GEORGE, 1993). Segundo Dempsey e Bansal (2012), o congelamento lento produz grandes cristais de gelo, desenvolvem-se através das paredes das células, permitindo que ocorra a entrada de oxigênio, ocasionando rancidez e escurecimento da carne e aumentando o risco de gotejamento avançado no descongelamento. A formação de cristais de gelo maiores e a distribuição desigual no tecido alimentar podem romper irreversivelmente a estrutura celular, causando alterações nas propriedades sensoriais

e perda de nutrientes (ZHU; ZHOU; SUN, 2019). Cristais de gelo mais finos e regulares são gerados em altas taxas de congelamento causando menos danos aos alimentos (ZHU; ZHOU; SUN, 2019; POUDYAL et al., 2019).

O congelamento rápido em temperaturas muito baixas garante a qualidade nutricional, bem como o sabor e a textura dos alimentos, devido à formação de pequenos e uniformes cristais de gelo. Taxas de congelamento ultra-altas podem ser obtidas usando nitrogênio líquido (STINCO et al., 2013).

Haiying, Shaozhi e Guanguiming (2007), avaliaram as propriedades relevantes de congelamento de quatro tipos de vegetais, cogumelo, couve-flor verde, feijão-marinho e vagem de ervilha e o estudo demonstrou que o congelamento mais rápido produziria cristais de gelo menores, o que traria menos danos às microestruturas. Portanto, o congelamento rápido é necessário para manter a qualidade dos alimentos, uma vez que produz pequenos cristais de gelo (DEMPSEY; BANSAL, 2012; HAIYING; SHAOZHI; GUANGUIMING, 2007; ZHU; ZHOU; SUN, 2019). Kono et al. (2017), verificaram que o congelamento rápido tem influência significativa na superfície do filé de salmão, e um número de pequenos cristais de gelo com uma pequena área de proporção dentro da camada superficial foi observado em amostras congeladas rapidamente, ao contrário dos grandes cristais de gelo com uma grande proporção entre as amostras congeladas normais.

A triagem do método de congelamento mais conveniente de modo geral é decidida por especificações de qualidade, economia e disponibilidade. Cada produto alimentício tem suas características próprias que influenciam na escolha da temperatura e taxa de congelamento pertinentes. Por exemplo, frutos do mar, como camarões, requerem taxas de congelamento mais rápidas do que a carne vermelha para manter sua textura e sabor (DEMPSEY; BANSAL, 2012).

Portanto, o controle, compreensão e previsão do processo de cristalização e fenômenos relacionados no que diz respeito às características do cristal são essenciais para a melhoria dos processos de congelamento (KIANI; SUN, 2011). Existem duas maneiras de controlar os cristais de gelo, uma é adicionar agentes protetores para inibir a formação e o crescimento de cristais de gelo e outra é controlar a taxa de congelamento para produzir cristais de gelo finos com uma distribuição mais uniforme (LUO et al., 2018).

Congelamento a ar, por contato, congelamento por imersão, congelamento criogênico e suas combinações são os métodos mais comuns usados na indústria para obter uma taxa ideal de congelamento para produtos alimentícios (LI; SUN, 2002; GAO et al., 2019).

Novas técnicas de congelamento têm atraído atenção da comunidade científica e também da indústria de alimentos (JHA et al., 2018), e são desenvolvidos para alterar o



fenômeno de formação de gelo (KIANI; SUN, 2011). Para minimizar o dano celular durante o congelamento e obter alimentos celulares congelados com melhor qualidade, novos métodos de congelamento têm sido amplamente investigados. Esses métodos incluem congelamento de alta pressão, congelamento de imersão assistida por ultrassom, congelamento assistido por campo elétrico ou magnético, impregnação a vácuo com soluções crioprotetoras, etc (LI; ZHU; SUN, 2018).

O congelamento de alta pressão tem chamado mais atenção por suas vantagens em melhorar as características dos cristais de gelo formados e a qualidade dos alimentos congelados. O congelamento de alta pressão pode ser dividido em congelamento assistido por pressão, congelamento por deslocamento de pressão e congelamento induzido por pressão (CHENG et al., 2017; LI; ZHU; SUN, 2018). Com uma boa compreensão da mudança de fase da água, o uso de alta pressão pode ajudar muito no processo de congelamento e melhorar a qualidade do produto. A principal vantagem do congelamento de alta pressão é que a formação inicial de gelo é instantânea e homogênea em todo o volume do produto devido ao alto super-resfriamento alcançado na liberação de pressão (LI; SUN, 2002).

Os novos métodos de congelamento a alta pressão e do desidrocongelamento aceleram o processo de congelamento, formando pequenos e uniformes cristais de gelo, e o uso de anticongelante e proteínas de nucleação do gelo melhoram o processo de congelamento diretamente, interagindo com os cristais de gelo formados (LI; SUN, 2002).

A proteína anticongelante e a proteína de nucleação de gelo, podem ser adicionadas diretamente aos alimentos e interagir com o gelo, influenciando, portanto, o tamanho do cristal de gelo e a estrutura do cristal dentro dos alimentos, que são duas classes funcionalmente distintas e opostas de proteínas (HEW; YANG, 1992). As proteínas anticongelantes podem diminuir a temperatura de congelamento e retardar a recristalização no armazenamento congelado, enquanto as proteínas de nucleação de gelo aumentam as temperaturas de nucleação de gelo e reduzem o grau de super-resfriamento (LI; SUN, 2002).

O congelamento utilizando nitrogênio líquido tem uma taxa de congelamento extremamente rápida devido à sua baixa resistência a transferência de calor. Conseqüentemente, os cristais de gelo são pequenos e igualmente distribuídos (GAO et al., 2019).

Estudo realizado por Islan et al. (2015), comprovou a aplicabilidade do ultrassom de contato direto como técnica de suporte durante o congelamento de contato e armazenamento congelado de cogumelo, resultando na redução do tamanho do cristal de gelo, que é o principal mecanismo para obter melhor qualidade do produto congelado no cogumelo.

Embora o método a ser escolhido para o congelamento de um alimento é de suma importância, a fim de evitar danos ao mesmo, o descongelamento também deve ser considerado (LI; SUN, 2002). O descongelamento é um processo complexo, envolvendo transferência de calor e possibilidades de uma série de alterações físicas e químicas (STINCO et al., 2013). Um descongelamento rápido a baixa temperatura para evitar um aumento notável da temperatura e desidratação excessiva dos alimentos é desejável para evitar possíveis deterioração e crescimento microbiano, e garantir a qualidade dos alimentos (LI; SUN, 2002).

O descongelamento é um processo complexo, envolvendo transferência de calor e possibilidades de uma série de alterações físicas e químicas que podem afetar muito a qualidade do produto. O descongelamento na temperatura ambiente torna-se rápido, mas há o risco de crescimento potencial de patógenos se a temperatura dos alimentos subir para a zona de perigo. No descongelamento por temperatura de refrigeração a temperatura do alimento permanece “segura”, portanto, há muito pouco acúmulo de patógenos. As desvantagens desse método são os tempos de descongelamento mais longos e a necessidade de espaço nos refrigeradores. O descongelamento por microondas pode ser o mais rápido, embora o superaquecimento localizado deva ser evitado, pois pode ser prejudicial, principalmente porque o produto pode sofrer deterioração química. A partir disso, pode-se inferir que é importante ajustar as variáveis de congelamento-descongelamento para preservar e reter a qualidade nutricional e sensorial dos sucos (STINCO et al., 2013).

A maioria dos estabelecimentos alimentares que usam carnes, aves e peixes utilizam esses produtos armazenados em condições de congelamento por meio de operações de descongelamento. No período de degelo, a qualidade dos produtos deve ser mantida em condições ótimas para evitar possível deterioração da qualidade e crescimento microbiano (BEDANE et al., 2018). Os métodos convencionais de descongelamento utilizam ar ou água como meio de descongelamento com tempos mais longos, com perdas na qualidade. Temperaturas mais altas (acima de +4 °C) são observadas principalmente sobre a superfície do produto, e isso leva a um possível crescimento microbiano com perdas de qualidade (BEDANE et al., 2018).

Visto a necessidade de métodos adequados para congelamento e descongelamento, que preservem as características do alimentos, mantendo textura, sabor, propriedades nutricionais e segurança do mesmo, novas pesquisas surgem com intuito de suprir essas demandas de mercado, pois como já se sabe os danos que o congelamento e degelo causa, torna-se imprescindível desenvolver estratégias para melhorar esses problemas, sem falar que o consumidor além de buscar alimentos seguros, visa também alimentos que tenha praticidade na

hora de preparar, muitas vezes pronto para comer, e o mais natural possível, saudáveis e que preserve as propriedades como textura e sabor (LI; NIE, 2016).

### **2.2.2. Congelamento de produtos lácteos**

O congelamento em produtos lácteos podem causar alterações, como desestabilização de proteínas, agregação e rompimento da estrutura da caseína e aprisionamento de glóbulos de gordura, resultando na desestabilização da emulsão e coalescência dos glóbulos após o descongelamento (KLJAJEVIC et al., 2016; MEZA; VERDINI; RUBIOLO, 2011). As proteínas são facilmente desnaturadas pelo aparecimento de várias tensões que podem afetar a estabilidade da mesmas tais como: aquecimento, agitação, congelamento, mudanças no pH e exposição a interfaces ar-água ou a interface entre soluções aquosas e outras superfícies hidrofóbicas (CHANG; KENDRICK; CARPENTER, 1996).

Durante o congelamento, o ambiente físico de uma proteína é alterado, levando ao desenvolvimento de estresses que afetam a estabilidade da mesma, podem sofrer degradação, levando a perda na atividade biológica (BHATNAGAR; BOGNER; PIKAL, 2007). Durante o processo de congelamento, ocorre a desnaturação da proteína, o que pode impactar nas propriedades dos alimentos à base de proteínas, incluindo capacidade de retenção de água, textura, gelificação e cor (HUANG et al., 2015). Os cristais de gelo são amplamente considerados um fator crucial para afetar a conformação da proteína e controlar a qualidade dos alimentos congelados à base de proteína (CHENG et al., 2017).

O armazenamento congelado de leite causa um grau de separação de fases entre o gelo formado e o conteúdo de sólidos descongelados. As micelas de caseína tendem a perder sua estabilidade durante o armazenamento congelado; essa alteração pode resultar na eventual formação de flóculos ou agregados (GOFF; SAHAGIAN, 1995 apud GABER, et al., 2020).

Bianchi et al. (2021) avaliaram o efeito do congelamento sobre a caseína ácida e sua aplicação na produção de queijos fundidos em escala industrial. O congelamento altera as características físico-químicas do produto, como pH e acidez, bem como o teor relativo de caseína. A microestrutura da caseína ácida submetida aos maiores tempos de congelamento apresentou espaços vazios, indicando a formação de cristais de gelo maiores na matriz protéica. O comportamento pode estar relacionado ao congelamento lento, que resulta em proteína desordenada e desestabilizada devido à formação de cristais de gelo (KLJAJEVIC et al., 2016; ZHANG et al., 2006).

Os processos de congelamento podem afetar a estrutura dos constituintes do leite. A principal alteração ocorre devido ao dano ao glóbulo de gordura com consequente liberação de lipoproteínas da membrana e redução da estabilidade da gordura (TRIBST et al., 2019). Os cristais de gelo aprisionam os glóbulos de gordura, causando danos irreversíveis à estrutura do glóbulo, com consequente desestabilização da emulsão e coalescência dos glóbulos após o descongelamento (ZHANG et al., 2006; TRIBST et al., 2019).

O congelamento também pode induzir a desestabilização da proteína micelar, levando à agregação de caseína (TRIBST et al., 2020) com a consequente redução da capacidade de retenção de água devido à quebra das ligações de hidrogênio entre os polipeptídeos (WENDORFF, 2001). A lactose também foi relatada como um fator de influência na estabilidade da caseína durante o armazenamento congelado devido à sua cristalização. Foi relatado que a cristalização de apenas 40% da lactose seria necessária para desestabilizar a micela da caseína (GOFF; SAHAGIAN, 1996 apud GABER et al., 2020).

Durante o congelamento de uma mistura de sorvete, o conteúdo de água livre diminui, a concentração de lactose aumenta e ocorre a cristalização. Quando a mistura do sorvete é congelada rapidamente, os cristais de lactose são muito pequenos para serem detectados na boca. No entanto, quando o tempo de congelamento é longo, os cristais podem ser grandes o suficiente para causar uma sensação áspera ou arenosa (SKRYPLONEK et al., 2019).

No descongelamento a desnaturação de proteínas pode estar associada principalmente com o aumento da interface água-gelo durante o congelamento. Visto isso é oportuno o uso de surfactante, pois eles reduzem a tensão interfacial nas proteínas podendo melhorar a estabilidade durante o degelo. Vale ressaltar que outros aditivos são potentes estabilizadores de proteínas durante o congelamento (por exemplo, açúcares, polímeros), podem reduzir a desnaturação, aumentando a estabilidade termodinâmica geral da proteína nativa (CHANG; KENDRICK; CARPENTER, 1996).

### **2.3. HIDROCOLOIDES**

Os hidrocoloides são polímeros de cadeia longa, de alto peso molecular que têm a capacidade de reter água e mudar as propriedades físicas da solução para formar géis, devido às suas propriedades hidrofílicas, com presença de grupos hidroxilas. Em outras palavras, eles podem ser dispersos em água, formando dispersões viscosas ou géis, por esse motivo, eles são usados como agentes espessantes e gelificantes com propósito de melhorar textura, sabor e a

vida de prateleira do produto alimentar (VALENTAA; LAPCÍKOVÁA; LAPCÍK, 2018; CEVOLI et al., 2013; DICKINSON, 2003; GYAWALI; IBRAHIM, 2016).

Os hidrocoloides exercem diversas funções importantes na indústria de alimentos, para transpor defeitos durante a produção, agindo no retardamento da retrogradação do amido, aumento da retenção de umidade, aumento da viscosidade, criação de estruturas de gel, formação de filme, controle de cristalização, inibição da sinérese, melhoria da textura, encapsulamento de sabores e ampliação da estabilidade física, entre outros (DICKINSON, 2003; GYAWALI; IBRAHIM, 2016; SHI; BEMILLER, 2002).

Os hidrocoloides têm uma ampla variedade de propriedades funcionais nos alimentos podendo atuar de forma isolada ou em combinação com outros coloides, atuando como espessantes, gelificantes, emulsificantes, estabilizantes no controle do crescimento de cristais de gelo (LI; NIE, 2016; SAHIN; OZDEMIR, 2004; MAHMOOD et al., 2017). Eles são usados em uma ampla variedade de alimentos, como bebidas (emulsificantes), produtos de confeitaria (agentes de revestimento, texturização), produtos lácteos (estabilizadores, espessantes) e padarias (agentes de volume) (VIEBKE; AL-ASSAF; PHILLIPS, 2014). Em suspensões coloidais, a viscosidade é aumentada pelo espessamento da fase líquida, atribuível à absorção de líquido e inchaço resultante do coloide disperso. A viscosidade do sistema hidrocoloide depende de concentração, temperatura, solvatação, carga elétrica, grau de dispersão, tratamento térmico prévio (LI; NIE, 2016).

O mercado de hidrocoloides é estimado em 8,8 bilhões de dólares em 2018 e deve crescer atingindo 11,4 bilhões de dólares em 2023 o crescimento dos hidrocoloides. O mercado é impulsionado pela crescente demanda por alimentos de conveniência na indústria de alimentos. Os principais fatores de mercado são as atividades de P&D e inovação, a preferência do consumidor por produtos lácteos funcionais e a multifuncionalidade de hidrocoloides em alimentos e bebidas (SINGH, 2019).

### **2.3.1. Classificação e uso dos hidrocoloides**

Os hidrocoloides são classificados de acordo com sua origem. No Quadro 1, estão destacados os principais tipos, aplicações e exemplos de produtos adicionado de hidrocoloides.

Quadro 1- Principais tipos, propriedades e produtos à base de hidrocolóides

	ORIGEM	TIPOS	PROPRIEDADES	PRODUTOS	REFERÊNCIA
Botânica	Árvore	Goma arábica, goma karaya, goma ghatti, goma tragacanto.	Emulsificante. A goma arábica é solúvel em água fria e estável em condições ácidas, agente de texturização, estabilizador de espuma, agente de revestimento, agente de encapsulamento.	Produtos de confeitaria, bebidas, produtos de base, molhos.	ISLAM et al., 1997 JANI et al., 2009
	Sementes	Goma guar, goma alfarroba.	Espessante, não gelificante, solúvel em água fria, aumenta viscosidade, propriedade ligação à água, estabilidade no congelamento e degelo.	Bebidas, molhos, sopas, ketchups, maionese.	CHIVERO et al., 2015 GYAWALI; IBRAHIM, 2016
	Plantas	Amido, pectina, celulose	Espessante; agente gelificante; géis termo reversíveis no resfriamento a pH ácido.	Produtos de confeitaria, bebidas, molhos.	GYAWALI; IBRAHIM, 2016 MAHMOOD et al., 2017
	Tubérculos	Goma Konjac, manana			
Algas	Algas vermelhas	Ágar, carragena	Gelificante. A carragena é solúvel em água quente.	Sorvete, misturas de milk shake, cream cheese, sobremesas lácteas.	GYAWALI; IBRAHIM, 2016
	Algas marrons	Alginato	Gelificante. Géis irreversíveis com íons cálcio em água fria.		GYAWALIIBRAHIM, 2016
Microbiana		Goma xantana, curdlana, dextrana, goma gelana,	Melhorador da estabilidade de congelamento e degelo, estabilizador de emulsões, espessante, estabilizante térmico. Muito solúvel em água quente e fria; alta viscosidade, estável ao calor, pH e enzima.	Sorvetes, queijos processados, sobremesas, bebidas.	GÁRCIA-OCHOA et al., 2000 GYAWALI; BRAHIM, 2016 LI; NIE, 2016
Animal		Gelatina, caseinato, proteína de soro de leite,	Gelificante, Emulsificante, ligante de água, aumenta textura e melhorador de aparência.		GYAWALI; BRAHIM, 2016
Moluscos		Quitosana	Só pode ser dissolvida em condições ácidas.		
Sintética		Carboximetilcelulose, celulose microcristalina.	Espessante, alta viscosidade, mas é reduzida pela adição de eletrólitos e a pH baixo, solúvel em água.		GYAWALI; IBRAHIM, 2016

A goma guar é um galactomanano derivado da semente de uma planta *Cyamopsis tetragonolobus* (BARTH; SMITH, 1981). É um heteropolissacarídeo que consiste em uma cadeia linear de resíduos  $\beta$ -D-manopiranosil ligados (1  $\rightarrow$  4) aos quais estão ligadas proporções variáveis de grupos  $\alpha$ -D-galactopiranosil ligados (1  $\rightarrow$  6) como cadeias laterais de unidade única (BARTH; SMITH, 1981; MCCLEARY et al., 1985). A goma guar tem um dos mais altos pesos moleculares de todos os polissacarídeos solúveis em água que ocorrem naturalmente (BARTH; SMITH, 1981). A água é o solvente mais importante para galactomananos, onde não apenas hidrata, mas também forma soluções coloidais com características de viscosidade excepcionalmente altas, mesmo em concentrações muito baixas (THOMBARE et al., 2016). A solubilidade em água fria e quente e outras propriedades exclusivas, como espessamento, emulsificação, gelificação, estabilização, ligação, etc., torna-o adequado para uma variedade de aplicações (THOMBARE et al., 2016).

Além de sua aplicação na indústria alimentícia, é útil em várias indústrias não alimentícias, como farmacêutica, cosmética, papel, tinta, impressão, perfuração, mineração, explosivos, etc. (SHOBHA; THARANATHAN, 2009; SHARMA et al., 2018). A goma guar encontra seu amplo uso nas indústrias alimentícias devido às suas propriedades funcionais únicas, como alta capacidade de retenção de água, taxa de evaporação reduzida, alteração na taxa de congelamento, modificação no desenvolvimento de cristais de gelo e envolvimento na transformação química (SHARMA et al., 2018). Para fins alimentares, a concentração permitida de goma de guar é inferior a 2%. Ajuda a melhorar a viscosidade, o florescimento, a criação de gel, o envidraçamento e a retenção de umidade. Além disso, também é usado para emulsificação, estabilização, preservação, retenção de água e aumento do teor de fibra solúvel em água (SHARMA et al., 2018).

A carboximetilcelulose (CMC) é um polissacarídeo iônico solúvel em água que é um dos derivados da celulose (YULIARTI et al., 2019; YOUSSEF et al., 2016; JAVANBAKHT; SHAABANI, 2019). Ela tem uma estrutura linear composta inteiramente por  $\beta$ -D-glicose e  $\beta$ -D-glucopiranosil-2-O-(carboximetil) monossódico conectado por ligações  $\beta$ -(1,4-glicosídicas (YULIARTI et al., 2019). Características como hidrofiliabilidade, bioadesivo, sensibilidade ao pH, não toxicidade e capacidade de propriedades de formação de gel são penas de CMC, comumente usadas na distribuição de drogas e em outras pesquisas biomédicas (JAVANBAKHT; SHAABANI, 2019).

Por ter propriedades atóxicas, bioadesivas e sensíveis ao pH, a CMC tem diversas aplicações nas indústrias alimentícia, farmacêutica, de papel e têxtil (JAVANBAKHT; SHAABANI, 2019). A CMC possui características hidrofílicas exclusivas devido aos grupos

carboxilato presentes em sua estrutura (JAVANBAKHT; SHAABANI, 2019). Foi relatado que a CMC não causa efeitos tóxicos (BARAN et al., 2020).

A CMC é adicionado aos alimentos como estabilizante, emulsificante, espessante, umectante, antiaglomerante, espumante, espessante, gelificante e glaceador, é um aditivo alimentar de crescente interesse no mundo científico devido às suas características de fonte de celulose e caráter de polieletrólito (MONDAL; YEASMIN, 2016).

A CMC é usado para uma variedade de aplicações em diversos setores, incluindo alimentos, cuidados pessoais, farmacêutico, campos petrolíferos e papel, devido às suas propriedades superiores como agente aglutinante, espessante e estabilizador (CHOI et al., 2008; MONDAL; YEASMIN, 2016), é um aditivo alimentar de crescente interesse no mundo científico devido às suas características de fonte de celulose e caráter de polieletrólito (MONDAL; YEASMIN, 2016). A característica mais importante que torna a CMC útil nessas aplicações é sua alta viscosidade em baixa concentração. A CMC se dissolve rapidamente em água fria e é usado principalmente para controlar o nível de viscosidade sem gelificar (CHOI et al., 2008).

A goma xantana é um polissacarídeo extracelular de alto peso molecular produzido pela fermentação da bactéria *Xanthomonas campestris* (FUNAHASHI; YOSHIDA; TAGUCHI, 1987; GARCIA-OCHOA; CASAS, 1994; GARCÍA-OCHOA et al., 2000). A goma xantana é composta por um esqueleto de  $\beta$ -d-glucano (celulose) ligado (1  $\rightarrow$  4) que é substituído na posição O-3 de resíduos de glicose alternados por cadeias laterais de trissacarídeos carregadas de  $\beta$ -d-manospiranossil (1  $\rightarrow$  4)  $\beta$ -d-glucuronopiranosil (1  $\rightarrow$  2) 6-O-acetil- $\beta$ -d-manospiranossilo (GARCIA-OCHOA; CASAS, 1994).

Possui alta solubilidade em água (em baixas e altas temperaturas), e o tamanho das moléculas e suas interações fornecem uma viscosidade muito alta às soluções aquosas. Além disso, a viscosidade aparente dessas soluções é estável em várias condições, como temperatura, pH, compatibilidade com a maioria dos sais metálicos e alta estabilidade em soluções aquosas. Esta é a principal razão para a variedade de usos industriais (FUNAHASHI; YOSHIDA; TAGUCHI, 1987; GARCIA-OCHOA; CASAS, 1994; GARCÍA-OCHOA et al., 2000; FARIA et al., 2011). As soluções de xantana são altamente viscosas mesmo em baixas concentrações de polímero (GARCÍA-OCHOA et al., 2000; FARIA et al., 2011).

A goma xantana tem sido usada em vários alimentos devido suas propriedades de estabilização de emulsão, estabilidade de temperatura, compatibilidade com ingredientes alimentícios e suas propriedades reológicas pseudoplásticas (GARCÍA-OCHOA et al., 2000). Os usos comerciais são principalmente nas indústrias de alimentos, cosmética, farmacêutica e



petróleo (FUNAHASHI; YOSHIDA; TAGUCHI, 1987; GARCÍA-OCHOA et al., 2000). Na indústria de alimentos, o polímero apresenta muitas vantagens como espessante, estabilizante, gelificante e agente de suspensão (ROSALAM; INGLATERRA, 2006; FARIA et al., 2011) é usado em bebidas (0,05-0,15%), sopas instantâneas (0,30-0,50%), mistura para bolo (0,05 – 0,25%), molhos (0,10-0,30) (ROSALAM; INGLATERRA, 2006), molho de saladas (0,15 - 0,50) (ROSALAM; INGLATERRA, 2006; FARIA et al., 2011), comidas congeladas (0,05-0,2%), xaropes, coberturas (GARCÍA-OCHOA et al., 2000; FARIA et al., 2011), laticínios (0,5-0,2%), misturas secas (0,05-0,2%), condimentos, molhos (0,05-0,2%), bebidas (0,05-0,2%) (GARCÍA-OCHOA et al., 2000).

### **2.3.2 Propriedades funcionais dos hidrocoloides**

#### *2.3.2.1 Gelificação*

Na ciência alimentar, o gel é citado como um alimento de alta umidade que mantém a forma mesmo após a liberação de um molde ou recipiente. Os géis obtidos a partir de hidrocoloides são basicamente resultantes de associações físicas entre cadeias de moléculas, resultantes de ligações de hidrogênio, reticulação com base em cátions ou associações hidrofóbicas. A gelificação ocorre com agregação de interligações primárias que estão entre cadeias poliméricas formando zonas de junção. No entanto, o arranjo dessas zonas estruturais primárias dentro de uma rede de gel pode ser influenciado pela estrutura do hidrocoloide, temperatura e presença de espécies iônicas (MAHMOOD et al., 2017). Na fabricação de alimentos o conhecimento das características de cada hidrocoloide e os efeitos sinérgico da associação para o desenvolvimento e aprimoramento de produtos alimentícios são de suma importância (FUNAMI, 2011).

A gelificação é uma funcionalidade importante dos hidrocoloides alimentares em termos de modificador de textura (FUNAMI, 2011). Para atender os requisitos necessários para um alimento, deve ser escolhido adequadamente o hidrocoloide observando as características de sua função (FUNAMI, 2011; LI; NIE, 2016). Um hidrocoloide apenas não pode atender a todos os requisitos dos alimentos, podendo-se então associar vários hidrocoloides alimentares (LI; NIE, 2016).

Combinações de polissacarídeos gelificantes (goma xantana, alfarroba carragenina e amido) e proteínas do leite (isolado de proteína de soro de leite, caseinato de sódio e leite em pó desnatado) foram avaliadas como potenciais substitutos da gelatina em géis de leite ácido.

Os resultados obtidos mostraram que a mistura xantana(X)/alfarroba(L) introduziu características reológicas e microestruturais nos géis de leite ácido semelhantes aos produzidos pela gelatina. Combinação de isolado de proteína de soro de leite e amido, carragenina e X/L induziu géis mais fortes, exceto a combinação com carragenina e X/L, que desenvolveu microestrutura semelhante e mostraram inflexão similar nas curvas de reologia durante o aquecimento como gelatina. No iogurte, a combinação de isolado de proteína de soro de leite e xantana/alfarroba produziu efeitos semelhantes na consistência, pseudoplasticidade e viscosidade aparente como gelatina e escores sensoriais mais altos para espessura e viscosidade que gelatina, porém um escore mais baixo de suavidade foi observado (PANG et al., 2016).

### *2.3.2.2 Emulsificação e estabilização*

Uma emulsão consiste em dois líquidos imiscíveis (geralmente óleo e água), com um dos líquidos sendo dispersos como pequenas gotas esféricas na outra. As emulsões podem ser convenientemente classificadas de acordo com a distribuição espacial relativa das fases oleosa e aquosa. Um sistema que consiste em gotículas de óleo dispersas em uma fase aquosa é chamado de emulsão óleo em água (O/A), por exemplo, leite, creme, molhos, maionese, bebidas e sopas. Um sistema que consiste em gotículas de água dispersas em uma fase oleosa é chamado de emulsão água em óleo (A/O), por exemplo, margarina e manteiga (BOUYER et al., 2012; LAM; NICKERSON, 2013; MCCLEMENTS, 2015).

Os emulsificantes atuam reduzindo a energia livre de superfície na interface entre as fases oleosa e aquosa e, assim, fornecem uma barreira interfacial eficaz para ajudar a resistir à tendência termodinâmica das emulsões a desestabilizar (MCCLEMENTS, 2015).

A maioria das propriedades das emulsões depende da microestrutura da emulsão, dos emulsificantes utilizados e da viscosidade da fase contínua. A microestrutura é principalmente uma função do tamanho e distribuição das gotículas. O tamanho das gotículas é de importância essencial por causa de sua grande influência na estabilidade física e microbiológica, características reológicas e ópticas, biodisponibilidade ou resposta à dose, sabor e muitas outras propriedades. Em muitos casos, a emulsificação tem como objetivo produzir gotículas o mais fino possível, de modo que a emulsão resultante seja estável (SCHUBERT; ENGEL, 2004).

A capacidade emulsificante de qualquer polissacarídeo, semelhante a qualquer surfactante, pertence à atividade superficial na interface óleo/água (DICKINSON, 2003). Alguns dos emulsificantes à base de polissacarídeos comumente usados são goma arábica, algumas pectinas, galactomananos, amidos modificados e celulosas (DICKINSON, 2003). Os

hidrocoloides desempenham papel como agente estruturante, espessante ou gelificante em emulsões de óleo em água. Além disso, coloides adicionados modificam a reologia da emulsão e evitam a formação de cremes (MAHMOOD et al., 2017).

O principal papel do emulsificante é adsorver na superfície de gotículas finas recém formadas e impedi-las de coalescência para evitar a formação de gotículas maiores. A estabilidade da emulsão de óleo em água é fortemente influenciada pelo tamanho da gota, carga e concentração de polímero (ACHOURI; ZAMANI; BOYE, 2012). A composição da proteína e o emulsificante adsorvido na interface óleo/água são muito importantes no controle da estabilidade das gotículas de gordura (CHENG et al., 2016).

Emulsificantes e estabilizadores são frequentemente usados para estabilizar as emulsões (BOUYER et al., 2012). Os estabilizadores hidrocoloides contribuem para o aumento da viscosidade, aumentando assim a estabilidade e limitando o movimento da bolha de ar (STANLEY; GOFF; SMITH, 1996). O uso de estabilizadores melhoram a viscosidade e a incorporação de ar e podem retardar o derretimento de sobremesas lácteas congeladas. Além disso, ao formar géis fracos, os hidrocoloides usados como estabilizadores inibem o crescimento de cristais de gelo (recristalização) durante o armazenamento, evitando a migração de água de cristais de gelo pequenos para grandes (SKRYPLONEK et al., 2019).

Existem duas classes amplas de agentes emulsificantes usados no processamento de alimentos, surfactantes de pequenas moléculas, nitidamente anfifílica com partes polares e não polares, como exemplo (monoglicérides, polissorbatos, ésteres de sacarose, lecitina, etc.). E emulsionantes macromoleculares (geralmente proteínas, especialmente de leite e ovos) (DICKINSON, 2003). Os estabilizadores são normalmente biopolímeros (proteínas ou polissacarídeos). A principal ação estabilizadora dos polissacarídeos alimentares é via modificação da viscosidade ou gelificação na fase contínua aquosa (BOUYER et al., 2012).

Os surfactantes de polímeros reduzem a tensão interfacial e induzem interações estéricas ou eletrostáticas, alterações na viscosidade ou elasticidade da interface ou alterações na viscosidade global do sistema, melhorando a estabilidade da emulsão. Os biopolímeros (proteínas e polissacarídeos) impedem a floculação e coalescência por mecanismos combinados. Por certo, a floculação e a coalescência podem ser evitados induzindo interações eletrostáticas repulsivas ou impedimentos estéricos entre gotículas (BOUYER et al., 2012).

A floculação ocorre em uma emulsão óleo-em-água (O/A) quando uma proporção substancial de suas gotículas dispersas existem nas proximidades na forma de pequenos ou grandes aglomerados (flocos). Dependendo da natureza e da força das interações moleculares e coloidais envolvidas, a floculação das gotículas pode ser fraca (reversível) ou forte (difícil de

reverter). O estado de floculação tem implicações para outros fenômenos de instabilidade, como coalescência de gotículas, separação de fases e amadurecimento de Ostwald. Mas, obviamente, a presença de flocos está ligada a mudanças visíveis na aparência da emulsão ou estabilidade de armazenamento da emulsão (DICKINSON, 2019).

A coalescência pode ocorrer se duas gotas estiverem por algum tempo muito próximas, seja por agregação ou em uma camada de creme, de modo que apenas uma película muito fina da fase contínua impeça o contato óleo-óleo (FREDRICK; WALSTRA; DEWETTINC, 2010). O processo de controle parcial da coalescência dessas emulsões durante a chicotada e incorporação de ar leva à formação de complexos estruturas descritas como emulsões estabilizadas por proteínas e espumas estabilizadas com gordura (GOFF, 1997).

As proteínas são de grande interesse devido à sua natureza anfifílica, têm uma forte tendência a adsorver nas interfaces óleo-água para formar camadas estabilizadoras em torno das gotículas de óleo (DICKINSON, 2003; EVANS; RATCLIFFE; WILLIAMS, 2013; LAM; NICKERSON, 2013) e são capazes de cumprir os papéis emulsificante e estabilizador e formação de espuma (DICKINSON, 2003). Incorporação de proteínas na interface óleo-água permitiu aos cientistas utilizá-las para formar emulsões (O/A ou A/O), que podem ser usadas em formulações de alimentos, entrega de medicamentos e nutrientes. Conformação, pH, condições de solvente e tratamento térmico são fatores que afetam a estabilidade das proteínas (LAM; NICKERSON, 2013).

A complexação proteína-polissacarídeo pode causar alterações estruturais nos componentes de proteínas e polissacarídeos no nível molecular. Além disso, na maioria dos casos, os complexos proteína-polissacarídeo podem exibir propriedades funcionais diferentes das proteínas e polissacarídeos isolados. Portanto, a complexação de proteínas com polissacarídeos pode ser útil para projetar alimentos desejáveis com propriedades específicas (WEI; ZHU; HUAN, 2019).

Notáveis diferenças encontram-se nas propriedades funcionais entre os vários biopolímeros alimentares, dependendo da estrutura química detalhada e da sensibilidade às condições da solução (pH, força iônica, íons específicos). A funcionalidade de um biopolímero individual nos alimentos também é afetada por suas interações com outros componentes dos alimentos como proteínas, polissacarídeos, lipídios, açúcares, sais entre outros (DICKINSON, 2003).

O uso de hidrocoloides proporcionam melhorias nas propriedades funcionais dos amidos. Estudos indicaram que os hidrocoloides podem aumentar a viscosidade da pasta, controle da mobilidade da água desacelerar a taxa de retrogradação e melhorar a estabilidade

de armazenamento de produtos alimentícios (LEE et al., 2002) à base de amido tornando os géis de amido mais macios e com melhor sensação na boca (LIU; XU, 2019).

O uso de hidrocoloides como goma xantana, goma guar e alginato, são amplamente utilizadas melhorando a estrutura e o comportamento reológico de alimentos, altera viscosidade para atingir certas características sensoriais ou aumentar a estabilidade do produto. Geralmente, o uso de pequenas concentrações (0,05 a 1%) é suficiente para atingir as características desejadas do produto (WANGLER; KOHLUS, 2018).

## **2.4 APLICAÇÃO DE HIDROCOLOIDES NO CONGELAMENTO**

Em produtos à base de emulsão óleo em água, como molhos de queijo e creme (DEGNER et al., 2014), o congelamento pode causar ruptura das membranas interfaciais, coalescência de gotículas e separação de óleo após o descongelamento das emulsões, e vários fatores associados à cristalização de água e óleo colaboram nas alterações físico-químicas das mesmas (CABEZAS et al., 2019). Assim, as emulsões óleo em água devem ser cuidadosamente desenvolvidas para manter seus atributos de qualidade desejáveis em produtos alimentícios congelados (DEGNER et al., 2014).

O conhecimento das interações entre proteínas e polissacarídeos é de suma importância para desenvolver alimentos à base de emulsões resistentes aos tratamentos de congelamento e degelo independentemente do tipo de emulsificante. A formação de uma camada espessa de partículas agregadas na interface óleo em água contribui para a manutenção da estabilidade após o congelamento e o degelo (CABEZAS et al., 2019).

Maionese e creme de leite são exemplos de emulsões O/A de alimentos. Como as emulsões O/A são termodinamicamente instáveis, o aumento do tamanho das gotas de óleo ou a separação óleo-água ocorre após o descongelamento, quando essas emulsões são armazenadas sob congelamento para melhorar sua vida útil é importante suprimir essa desestabilização durante o descongelamento, pois isso prejudica a qualidade do produto. É relatado que a adição de um modificador para cristalização ou um óleo com diferentes propriedades de cristalização a uma fase oleosa suprime a desestabilização da emulsão (KATSUKI et al., 2017).

Hidrocoloides como goma guar, carragenina, goma de alfarroba, xantana, celulose microcristalina (MCC) e carboximetilcelulose (CMC), entre outras, podem ser aplicados como modificadores de textura de alimentos congelados (MAITY et al., 2011 apud ZEYNALI; NAJI-TABASI; FARAHMANDFAR, 2019).

Vários hidrocoloides conferem diferentes efeitos crioprotetores aos produtos alimentares, dependendo de sua solubilidade, capacidade de retenção de água, propriedades reológicas (MAITY; SAXENA; RAJU, 2018 apud ZEYNALI; NAJI-TABASI; FARAHMANDFAR, 2019). Além disso, algumas outras aplicações interessantes são seu uso como estabilizador, emulsificante ou agentes inibidores da cristalização (MAHMOOD et al., 2017).

Um estudo propôs avaliar os efeitos do congelamento e das condições da massa de dois tipos de bolo (bolos de camadas e pão de ló), e do tempo de repouso antes de assar. O processo de congelamento resultou em um aumento na densidade e na viscosidade da massa com diminuição do volume e a altura do bolo, mas houve aumento na dureza. Em bolos de camada, o congelamento afetou principalmente o volume e a cor, enquanto nos bolos pão de ló, houve um efeito mais acentuado na textura. Pode-se concluir que o congelamento da massa permite obter bolos pão de ló e camada com alta qualidade, demonstrando a utilidade desse método no processamento industrial de bolos (GÓMEZ; RUIZ; OLIVETE, 2011).

Foi realizado experimento, avaliando o uso de hidrocoloides (CMC-carboximetilcelulose) goma de alfarroba (LBG) e goma de xantana (XG) no bolo “angel”, avaliando propriedades (viscosidade, gravidade específica, tamanho de bolha e a uniformidade e entalpia de fusão de gelo ( $\Delta H_m$ )) e as características do bolo (volume específico e textura), após o armazenamento congelado. Resultados mostraram que o congelamento causou uma diminuição significativa na viscosidade, um aumento significativo em  $\Delta H_m$ , gravidade específica, tamanho da bolha e não-uniformidade de bolhas, deixando um bolo mais denso e duro. O ciclo de congelamento-descongelamento induziu uma mudança mais significativa do que o armazenamento congelado para todos os parâmetros acima. A adição de hidrocoloides melhorou as características citadas no armazenamento congelado e processo de congelamento e descongelamento, o que resulta na melhoria do volume específico e propriedades texturais do bolo “angel” (JIA et al., 2014).

### 3. ARTIGO EXPERIMENTAL

#### Efeito do congelamento sobre as características de sobremesa láctea tipo *cheesecake* com e sem hidrocoloides

##### RESUMO

O congelamento é um método amplamente utilizado para preservar as propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos. Além disso, reduz reações químicas e físicas a fim de manter a qualidade e a segurança alimentar. O uso de hidrocoloides é uma opção para minimizar os efeitos do congelamento devido suas propriedades de estabilização, emulsificante ou agentes inibidores da cristalização. Foram produzidas formulações com adição de hidrocoloides (carboximetilcelulose (CMC), goma guar e goma xantana), além de uma formulação padrão. Em seguida foram congeladas em freezer convencional (-20°C) e em ultrafreezer (-70°C). As amostras foram caracterizadas quanto a textura, cor, pH, atividade de água, sinérese e análise sensorial. A adição dos hidrocoloides e o congelamento não alteraram significativamente o pH e sinérese dos *cheesecakes* avaliados. O congelamento convencional diminuiu os valores de atividade de água. Após o congelamento os *cheesecakes* apresentaram coloração mais claros em todas as formulações e com maior tendência a cor amarela. A adição de CMC e xantana aumentou a dureza. Houve diferença entre o *cheesecake* com goma xantana submetido ao congelamento convencional e *cheesecake* com xantana submetida ao congelamento em ultrafreezer, sendo eles com valores maiores de dureza. A adição de hidrocoloides e o processo de congelamento não tiveram influência negativa para aparência, cor, textura e imprecção global. Concluiu-se que o processo de congelamento indicado para essa sobremesa após as análises realizadas é em ultrafreezer, pois ele causa menos alterações físicas, químicas e sensoriais no *cheesecake*.

Palavras-chave: Congelamento lento, congelamento rápido, goma guar, goma xantana, CMC.

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O congelamento é um método de conservação e tem sido usado na preservação de alimentos, para evitar sua deterioração (JHA et al., 2018; ZHU; ZHOU; SUN, 2019; DALVI-ISFAHAN et al., 2019; LE-BAIL et al., 2008). Em condições favoráveis, a preservação dos alimentos garantem a segurança alimentar para posteriormente serem consumidos, mantendo-os em um ambiente refrigerado em baixas temperaturas (ZHU; ZHOU; SUN, 2019; DALVI-ISFAHAN et al., 2019). As baixas temperaturas reduzem as reações químicas deletérias nos alimentos (NĂSTASE et al., 2016).

O congelamento garante a segurança do alimento e prolonga o tempo de armazenamento do mesmo (BIGLIA et al., 2017; ZHU, ZHOU, SUN, 2019; DALVI-ISFAHAN et al., 2019).

No entanto, o congelamento forma cristais de gelo intracelular e extracelularmente (DALVI-ISFAHAN et al., 2019; CHAROENREIN, 2018; JHA et al., 2018; ZHU; ZHOU; SUN, 2019), que podem causar alterações nas características tanto físicas e sensoriais (JHA et al., 2018), afetar a textura do alimento descongelado e a qualidade do alimento (NĂSTASE et al., 2016).

Hidrocolóides estão entre os ingredientes mais usados na indústria de alimentos, funcionando como espessantes, gelificantes, emulsificantes, estabilizadores, substitutos de gordura (LIE; NIE, 2016; MAHMOOD et al., 2017). A estabilidade ao congelamento é outra propriedade que os hidrocolóides possuem, minimizando os efeitos causados pelo processo (LI; NIE, 2016; SAHIN; OZDEMIR, 2014; MAHMOOD et al., 2017).

Hidrocolóides como goma guar, carragenina, goma de alfarroba, xantana, celulose microcristalina (MCC) e carboximetilcelulose (CMC), entre outras, podem ser aplicados como modificadores de textura de alimentos congelados (MAITY et al., 2011 apud ZEYNALI; NAJITABASI; FARAHMANDFAR, 2019).

Sobremesas lácteas são ricas em leite deterioram rapidamente, sendo necessário armazenamneto sob refrigeração. Dessa maneira, quanto mais rapidamente elas sofrerem uma redução na temperatura, maior será o tempo para que seja feita a comercialização (MAHMOOD et al., 2017), evitando assim o descarte da mesma precocemente e garantindo a segurança alimentar.

Diante do exposto, uma alternativa de evitar os problemas causados pelo congelamento seria a adição de hidrocolóides no alimento a ser produzido (LI; NIE, 2016; SAHIN; OZDEMIR, 2014; MAHMOOD et al., 2017) e para aumentar a vida de prateleira do alimento e evitar a perda do produto através do congelamento.

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do congelamento em sobremesas lácteas tipo *cheesecake* com o uso de hidrocolóides como agentes crioprotetores, visando minimizar alterações físico-químicas e sensoriais.

## **3.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.2.1 Materiais**

Os ingredientes Cream cheese (Danúbio®), açúcar (Caravela®), amido de milho (Maisena®), sal (Cisnei®), leite (Aurora®), creme de leite fresco, ovos (Natuovos®); essência de baunilha (Dr.Oetker®) limão Taiti, foram adquiridos no comércio local. Os hidrocolóides



carboximetilcelulose, goma guar e goma xantana foram adquiridos da empresa Ingredientes online (CNPJ: 25.228.395/0001-05).

### 3.2.2 Elaboração dos *cheesecakes*

Os *cheesecakes* foram elaborados segundo Guissle (2011), sendo os ingredientes apresentados na Tabela 1. A partir desta formulação padrão (P) foi realizada a adição dos hidrocoloides nas seguintes proporções: carboximetilcelulose 0,5% (CMC), goma guar 0,5%(G) e 0,1% de goma xantana (X ), totalizando 4 formulações. Os percentuais de adição de cada um dos hidrocoloides foram definidos a partir de testes preliminares (resultados não apresentados).

Tabela 1: Formulação básica do *cheesecake*.

INGREDIENTES	QUANTIDADE (g)
<b>RECHEIO</b>	
Cream cheese	450
Creme de leite	45
Leite	22,5
Ovos	90
Gema	34
Açúcar	157,5
Amido de milho	9
Essência de baunilha	3
Suco de limão	6
Sal	4,5
<b>BASE</b>	
Biscoito	150
Manteiga	30

Fonte: O autor (2021).

Primeiramente foi elaborada a base: os biscoitos foram triturados em processador de alimentos até obtenção de textura arenosa, em seguida a manteiga foi adicionada e misturada manualmente até formação de uma farofa úmida. A base do biscoito foi vertida em uma assadeira e assada a 180 °C até dourar (~15 min). Para o recheio, o cream cheese foi misturado em batedeira planetária (KitchenAid) em velocidade baixa, até formar um creme liso e cremoso. Na sequência, o açúcar, o amido de milho, sal, o hidrocoloide, a essência de baunilha foram misturados em velocidade baixa até obter uma mistura homogênea. Os ovos e as gemas foram

adicionados lentamente e o creme de leite fresco, leite e o suco de limão foram misturados em baixa velocidade. A mistura foi vertida na base de biscoito. O *cheesecake* foi assado, a 170 °C, por 90 min, seguido de resfriamento em temperatura ambiente (24 °C), por 60 min, para posterior avaliação do tipo de congelamento.

### 3.2.3 Caracterização centesimal

A caracterização centesimal foi realizada no *cheesecake* padrão após refrigeração por 24 h, de acordo com os métodos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) em triplicata. O teor de umidade foi determinado em estufa com circulação de ar a 105 °C. A determinação do teor de proteína foi realizada pela técnica de Kjeldahl, usando o fator de conversão 6,38. Para a determinação do teor de cinzas o material foi submetido ao aquecimento de 550 °C em mufla. A determinação do teor de gordura foi de acordo com o método de extração contínua em aparelho tipo Soxhlet. A determinação do teor de carboidratos foi feita por diferença.

### 3.2.4 Avaliação do tipo de congelamento na qualidade do *cheesecake*

As amostras padrão (P), carboximetilcelulose (CMC), guar (G) e xantana (X) foram congeladas em freezer convencional a -20 °C (Gelopar®) e em ultrafreezer a -70 °C (Coldlab®, CL200-86V), totalizando 12 ensaios, sendo 4 sem congelar e 8 submetidos ao congelamento: Padrão convencional (P-C), CMC convencional (CMC-C), Guar convencional (G-C) e Xantana convencional (X-C), Padrão ultrafreezer (P-U), CMC ultrafreezer (CMC-U), Guar ultrafreezer (G-U) e Xantana ultrafreezer (X-U).

As amostras foram congeladas por 20 dias e o descongelamento foi realizado em refrigerador convencional a 4,5 °C ± 0,5 °C. Para posterior análises de atividade de água, avaliação de cor, perfil de textura, índice de sinérese, determinação do pH e avaliação sensorial.

### 3.2.5 Atividade de água

A análise da atividade de água foi realizada em equipamento (modelo Texto 650, Brasil), cujo princípio de medição se dá através de uma célula eletrolítica resistiva e sensor infravermelho.

Foi colocada a amostra de *cheesecake* em câmara metálica na sonda até preencher o espaço. A câmara foi fechada hermeticamente e colocada em equilíbrio de temperatura  $21 \pm 0,2$  °C em termo-higrômetro elétrico de medida direta. As análises foram realizadas em triplicata.

### 3.2.6 Avaliação da cor

Os parâmetros de cor das amostras foram determinados utilizando-se um colorímetro (Color Quest II, Hunter Lab, EUA) para se obter os valores de luminosidade ( $L^*$ ), que variam de 0 (preto) a 100 (branco) e as coordenadas de cromacidade  $a^*$ , que varia de -60 (verde) até +60 (vermelho) e  $b^*$ , que varia de -60 (azul) até +60 (amarelo). Os *cheesecakes* foram submetidos a essa análise após refrigeração em temperatura de 2 a 8° C, por 24 horas e também após o congelamento. O Croma (C) é a relação entre os valores de  $a^*$  e  $b^*$ , obtendo-se a cor real do objeto analisado. Hue-Angle (H) é o ângulo formado entre  $a^*$  e  $b^*$ , indicando a saturação da dor do objeto. Para cálculo do Croma foi utilizada a Equação 1 e, para se calcular Hue-Angle, utilizou-se a Equação 2 (HARDER; BRAZACA; ARTHUR, 2007).

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (1)$$

$$H = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad (2)$$

### 3.2.7 Avaliação do perfil de textura

A análise do perfil de textura (TPA) dos *cheesecakes* foi realizada em texturômetro (TA.XT.plus, Stable Micro Systems, Inglaterra). Os *cheesecakes* foram cortados (3,0 x 3,0 mm) e dois ciclos de compressão foram aplicados. As amostras foram comprimidas a 40% de sua altura inicial por um *probe* cilíndrico de alumínio com 0,5 mm de diâmetro (P/0,5 R), a uma velocidade pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade de teste: 1 mm/s; velocidade de pós-teste: 2 mm/s. Os parâmetros considerados foram: dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade.

### 3.2.8 Determinação do pH

A determinação de pH foi realizada de acordo com o método Adolfo Lutz (2008), determinando o pH em aparelho pHmetro digital. Essa determinação foi realizada em triplicata.

### 3.2.9 Índice de sinérese

Após o descongelamento ( $20 \pm 0,1$  g) as amostras foram centrifugadas por 20 min a 5000 rpm a 5° C (Hitachi, CR22N, Japão). A sinérese em % (p/p) foi calculada como a massa do líquido que se separou da amostra devido à centrifugação, em relação à massa total da amostra que foi centrifugada (VALENCIA et al., 2016), conforme Equação 3.

$$\text{Sinérese}(\%) = \frac{m(\text{líquido})}{m(\text{amostra})} \times 100 \quad (3)$$

### 3.2.10 Avaliação sensorial

Previamente à análise sensorial, o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Passo Fundo sob número de aprovação 4.051.132 e CAAE 31584720.7.0000.5342. Cinquenta painelistas não treinados, maiores de 18 anos, que se declararam consumidores de *cheesecakes* foram selecionados de forma voluntária, após lerem e assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A). A aplicação dos testes de aceitabilidade e CATA dos *cheesecakes* foi realizada sob iluminação artificial, controle de temperatura (entre 22 e 24 °C) e circulação de ar.

A primeira avaliação sensorial foi realizada pelo método afetivo de aceitabilidade, utilizando a escala hedônica estruturada com nove pontos, variando de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo) (Apêndice B). Os atributos que foram avaliados foram: aparência, cor, sabor, textura e impressão global. Em seguida, os participantes responderam o questionário CATA (*Check All That Apply*) (Apêndice B), que continha os termos descritivos e afetivos já estabelecidos e disposto em uma ficha. Nesse questionário os provadores marcaram todos os atributos que eles consideravam adequados para descrever cada amostra.

A avaliação sensorial das formulações de *cheesecake* foi realizada em cabines individuais, durante o período matutino (8:00 às 11:00) e vespertino (14:00 às 17:00). Foram

avaliadas 12 formulações, sendo elas: amostras refrigeradas, amostras previamente congeladas em freezer convencional e previamente congeladas em ultrafreezer.

As amostras (20 g) foram distribuídas de forma monádica, aleatorizada e codificadas com números aleatórios de três dígitos.

### **3.2.11 Análise dos dados**

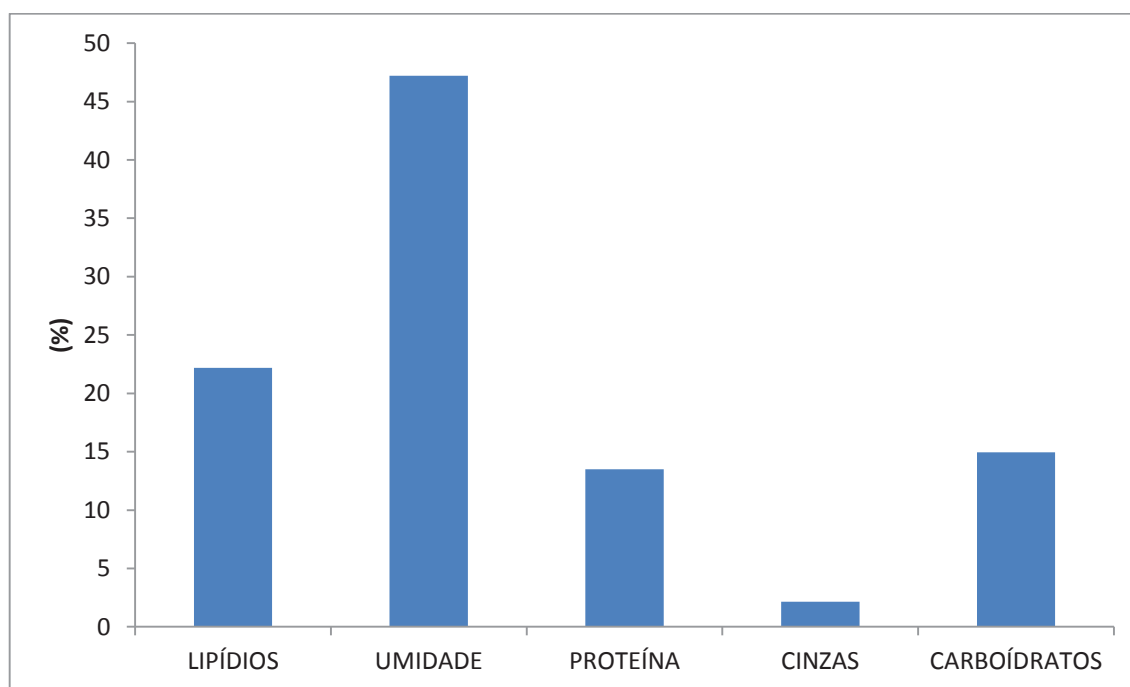
As determinações foram realizadas em triplicata, e a média e desvio padrão foram reportados. Os resultados das análises físicas e químicas e do teste sensorial de aceitabilidade das formulações foram analisados através de análise de variância (ANOVA), comparadas através do teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%. Os resultados dos dados obtidos pelo método CATA foram analisados através de análise estatística multivariada (análise de correspondência). Todas as avaliações foram realizadas no software Statistica (Tibco Software, Palo Alto, California, USA), versão 14.0.

## **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.3.1 Caracterização centesimal**

Os resultados obtidos para a composição química do *cheesecake* padrão (P) estão apresentados na Figura 1. A caracterização centesimal do *cheesecake* indicou teor de lipídios (22,18%) e carboidratos (14,96%), advindo dos ingredientes utilizados, principalmente compostos por carboidratos e lipídios em sua composição (FRANCO, 2008). O queijo é uma matriz semissólida de proteínas (MOREIRA et al., 2021), cujo teor de gordura varia entre 11 e 47% (PAXIMADA; HOWARTHI; DUBEYI, 2021), sendo o ingrediente adicionado em maior quantidade na formulação, além do creme de leite fresco, leite e manteiga, sendo estes ricos em gorduras e carboidratos. A composição gordurosa é um dos fatores que tem maior influência no queijo (GONZÁLEZ-MARTÍN et al., 2020). Além disso, o *cream cheese* é um queijo que em sua composição nutricional possui 33% de gordura e 55% de umidade (FDA, 2019).

Figura 1: Composição centesimal do *cheesecake* Padrão.



Fonte: O autor (2021).

O açúcar é o segundo ingrediente com maior quantidade na formulação, além dos demais ingredientes que na sua composição química possuem carboidratos (FRANCO, 2008), justificando o resultado elevado de carboidratos na composição química do *cheesecake*. Embora não se tenha legislação específica sobre o padrão deste produto, o valor de umidade foi alto (47,22 %), o que pode favorecer a deterioração do produto, justificando que a sobremesa deve ser mantida sob refrigeração.

Yasin e Shalaby (2013) investigou a composição química de *cheesecakes* produzidos com vários tipos de queijo. O *cheesecake* produzido a partir do cream cheese padrão apresentou teores de cinzas, umidade, gordura, proteína e carboidratos de 7,72 %, 50,58%, 18,83%, 11,59% e 10,28%, respectivamente, ficando próximo dos resultados encontrado nesse estudo. Uma vez que o conteúdo químico do bolo e dos produtos de bolo úmido variam de acordo com os componentes usados no produto, não há valores padrão para comparar.

Não houve diferenças significativas nos valores de pH. O pH de todos os *cheesecakes* variaram de 5,01 a 5,07. Hasgucmen e Sengun (2020) investigaram as mudanças de pH de amostras de *cheesecake* com adição de probiótico e armazenadas a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 120 dias que variaram de 4,53 a 5,20, perceberam que durante os primeiros 30 dias de armazenamento, os valores de pH das amostras congeladas não foram significativamente diferentes.

Na Figura 2, pode-se observar que não houve grau de sinérese para a amostra de *cheesecake* após congelamento, sugerindo que o congelamento não causou danos a formulação para esse parâmetro estudado. Pode ter auxiliado na inibição da sinérese os componentes naturalmente presentes na formulação (proteína, gordura, açúcar, etc.), pois no *cheesecake* padrão não havia adição de hidrocoloides.

Figura 2: Amostra de *cheesecake* (após congelamento) submetida a centrifugação



Fonte: O autor (2021).

### 3.3.2 Atividade de água

A atividade de água dos *cheesecakes* preparados com diversos hidrocoloides estão apresentadas na Tabela 2. Observou-se que o congelamento convencional alterou a atividade de água significativamente ( $p < 0,05$ ), indicativo de uma possível desidratação, com isso podendo interferir nas características organolépticas do *cheesecake*.

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os *cheesecakes* antes do congelamento e congelamento ultrafreezer. Os hidrocoloides adicionados (CMC, guar e xantana) não interferiram na atividade de água dos *cheesecakes* antes do congelamento quando comparados com o *cheesecake* padrão (P).

Tabela 2: Atividade de água das formulações dos *cheesecakes* antes do congelamento e depois do congelamento.

Amostra	Antes do congelamento	Congelamento convencional	Congelamento em ultrafreezer
P	0,879±0,001 <sup>a</sup>	0,681±0,041 <sup>b</sup>	0,830±0,017 <sup>a</sup>
CMC	0,882±0,011 <sup>a</sup>	0,655±0,061 <sup>b</sup>	0,851±0,031 <sup>a</sup>
G	0,893±0,001 <sup>a</sup>	0,659±0,027 <sup>b</sup>	0,874±0,002 <sup>a</sup>
X	0,886±0,007 <sup>a</sup>	0,647±0,089 <sup>b</sup>	0,821±0,057 <sup>a</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Resultados com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). P: *Cheesecake* padrão, CMC: *cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC), G: *Cheesecake* com goma guar, X: *Cheesecake* com goma xantana.

A atividade de água ( $A_w$ ) de um alimento é um parâmetro importante que influencia reações químicas e enzimáticas indesejáveis e a vida útil de um alimento (BRAVI et al., 2020).

Em um estudo realizado por Vieira (2011), que desenvolveu sobremesa láctea simbiótica com diferentes combinações de hidrocoloides, verificou que a atividade de água nas sobremesas ao longo do tempo de estocagem (60 dias) não apresentou diferença, mostrando os hidrocoloides utilizados (amido resistente, de goma guar e carragena) não influenciaram significativamente nos valores de atividade de água, não descaracterizando o produto em relação à atividade de água.

Em geral as bactérias requerem  $A_w$  mais alta que os fungos. A maioria das bactérias deteriorantes não se multiplica em  $A_w$  inferior a 0,91, enquanto fungos deteriorantes podem crescer em  $A_w$  de até 0,80 (BEUCHAT, 1983; FRANCO; LANDGRAF, 2008) e leveduras deteriorantes em  $A_w$  0,88 (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Relativamente as bactérias causadoras de toxinfecções alimentares, o *Staphylococcus aureus* pode tolerar  $A_w$  de até 0,86 para sua multiplicação, enquanto o *Clostridium perfringens* não se multiplica em alimentos com  $A_w$  inferior a 0,94. Encontram-se descrito na literatura, que há bactérias que se multiplicam em valores de  $A_w$  mais baixos, como as bactérias halofílicas que requerem  $A_w$  0,75, bolores xerofílicos  $A_w$  0,65 e leveduras osmofílicas  $A_w$  0,60. Dessa forma, considera-se o valor de 0,60 como valor de  $A_w$  limitante para a multiplicação de qualquer microrganismo (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Durante o congelamento, não há prejuízo de conservação. Após o descongelamento a atividade de água para os *cheesecakes* submetidos ao congelamento ultrafreezer varia de (0,82



a 0,87) e para os *cheesecakes* antes do congelamento (0,87 a 0,89), situação essa que pode levar aos desenvolvimento de fungos, podendo resultar em um *shelf life* reduzido.

### 3.3.3 Avaliação de cor

A Tabela 3 apresenta os resultados para os parâmetros de cor das amostras de *cheesecakes* submetidos aos diferentes tratamentos. A cor como uma questão de percepção visual é uma consideração importante no desenvolvimento de produtos alimentícios, porque a cor e a aparência dos alimentos são geralmente as primeiras impressões a serem registradas na mente dos consumidores (YASIN; SHALABY, 2013).

Tabela 3: Coordenadas de cromaticidade dos *cheesecakes* elaborados e submetidos a diferentes tratamentos.

<i>Cheesecake</i>	L*	a*	b*	Croma	H
P	75,24±3,28 <sup>d</sup>	1,08±0,33 <sup>a</sup>	25,71±1,95 <sup>a</sup>	25,73	1,52
CMC	73,85±1,31 <sup>d</sup>	-0,49±0,22 <sup>d</sup>	24,27±0,45 <sup>ab</sup>	24,27	-1,55
G	73,82±1,11 <sup>d</sup>	0,68±0,14 <sup>a</sup>	24,02±1,44 <sup>ab</sup>	24,02	1,54
X	75,84±0,90 <sup>d</sup>	0,13±0,02 <sup>b</sup>	23,01±1,01 <sup>bc</sup>	23,01	1,56
P-C	85,83±1,60 <sup>ab</sup>	-0,73±0,08 <sup>cd</sup>	22,10±0,48 <sup>bcd</sup>	22,11	-1,53
CMC-C	82,20±0,40 <sup>bc</sup>	-0,62±0,21 <sup>cd</sup>	19,73±0,62 <sup>de</sup>	19,73	-1,53
G-C	81,56±0,95 <sup>c</sup>	-0,73±0,20 <sup>cd</sup>	19,82±1,40 <sup>de</sup>	19,83	-1,53
X-C	84,47±1,12 <sup>abc</sup>	-0,82±0,09 <sup>cd</sup>	21,42±0,37 <sup>cde</sup>	21,43	-1,53
P-U	81,92±2,15 <sup>c</sup>	-0,68±0,16 <sup>cd</sup>	22,95±0,55 <sup>bc</sup>	22,96	-1,54
CMC-U	82,86±0,65 <sup>bc</sup>	-0,81±0,08 <sup>cd</sup>	19,29±0,51 <sup>e</sup>	19,30	-1,52
G-U	80,91±1,36 <sup>c</sup>	-0,66±0,11 <sup>cd</sup>	19,52±0,50 <sup>e</sup>	19,53	-1,53
X-U	87,04±1,13 <sup>a</sup>	-1,00±0,15 <sup>c</sup>	21,25±0,80 <sup>cde</sup>	21,27	1,52

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Resultados com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). L\*: luminosidade de preto para branco; a\*: de verde para vermelho; b\*: de azul para amarelo. Croma e H: Hue-Angle.

P: *Cheesecake* padrão; CMC: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC); G: *Cheesecake* com goma guar; X: *Cheesecake* com goma xantana; P-C: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (-20° C); CMC-C: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento convencional (-20° C); G-C: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (-20° C); X-C: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento convencional (-20° C); P-U: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); CMC-U: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); G-U: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); X-U: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C).

Observando o parâmetro  $L^*$ , nos *cheesecakes* não congelados, a cor do *cheesecake* padrão (P) não difere das demais ( $p > 0,05$ ), apresentando características intermediárias às demais *cheesecakes*. A adição dos hidrocolóides não levou ao escurecimento, mas pode ser observado que os *cheesecakes* que passaram por congelamento tiveram alteração de cor. O *cheesecake* padrão (P) e *cheesecake* com xantana (X) apresentaram-se mais claros e o *cheesecake* com CMC (CMC) e *cheesecake* com guar (G) mais escuros. No congelamento convencional houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na cor. A cor do *cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (P-C) é igual a cor do *cheesecake* com xantana submetida ao congelamento convencional (X-C) e difere dos *cheesecake* com CMC submetido ao congelamento convencional (CMC-C) e *cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (G-C). A cor do *cheesecake* padrão submetido ao congelamento ultra freezer (P-U) é igual a cor do *cheesecake* com CMC submetido ao congelamento ultra freezer (CMC-U) e *cheesecake* com guar submetido ao congelamento ultra freezer (G-U) diferem do *cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultra freezer (X-U). O *cheesecake* (X-U) teve o valor mais elevado quando comparada com as demais formulações.

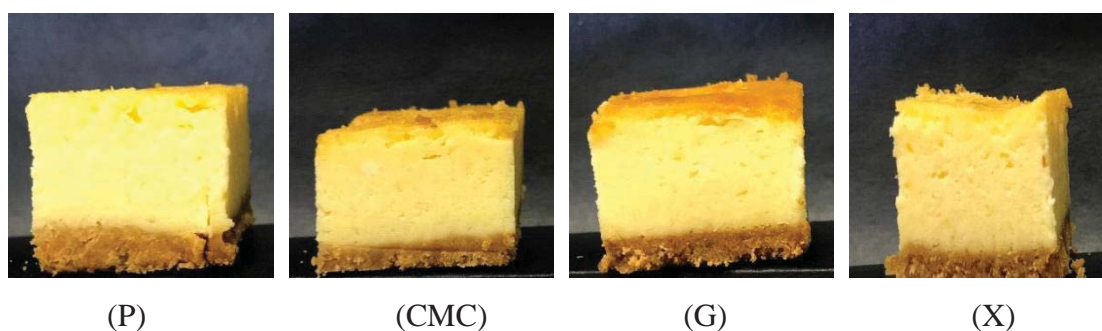
Estudo realizado por Milde et al. (2020), que desenvolveram macarrão sem glúten a partir de uma formulação com amido de mandioca e farinha de milho (proporção 80:20) e a incorporação de goma xantana em diferentes concentrações para otimizá-la (0,4; 0,6 e 0,8%), encontraram resultados para cor que indicam que a incorporação de goma xantana torna a cor do macarrão mais brilhante (aumento dos valores de  $L^*$ ) e amarelada ( $b^*$ ), qualidades preferidas pelos consumidores.

Os índices  $a^*$  com valores negativos indica coloração verde, enquanto valores positivos indica coloração ao vermelho. A cor do *cheesecake* (P) não difere da cor do *cheesecake* (G) ( $p > 0,05$ ), não havendo diferença significativa, porém difere do *cheesecake* (CMC) e *cheesecake* (X) ( $p < 0,05$ ). A cor do *cheesecake* (X) foi a que apresentou o menor valor (0,13), mas todas as formulações apresentaram valores de  $a^*$  positivos, com maior tendência, portanto ao vermelho e não ao verde. No congelamento convencional e congelamento ultrafreezer não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na cor entre as formulações. Todas os *cheesecakes* apresentaram valores de  $a^*$  negativo, porém não ficaram verdes. Essa coordenada é menos importante na avaliação da cor do *cheesecake*, nesse caso é necessário avaliar a cor num todo e não individual.

O parâmetro  $b^*$  (amarelo e azul) nos *cheesecakes* não congelados, não houve diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ), *cheesecake* (P), *chessecake* (CMC) e *cheesecake* (G).

O *cheesecake* (P) difere do *cheesecake* (X). Mesmo com diferença é perceptível que todas tiveram maior tendência ao amarelo, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: *Cheesecakes* após refrigeração (~5 °C): (P) Padrão; (CMC) CMC; (G) Guar; (X) Xantana.



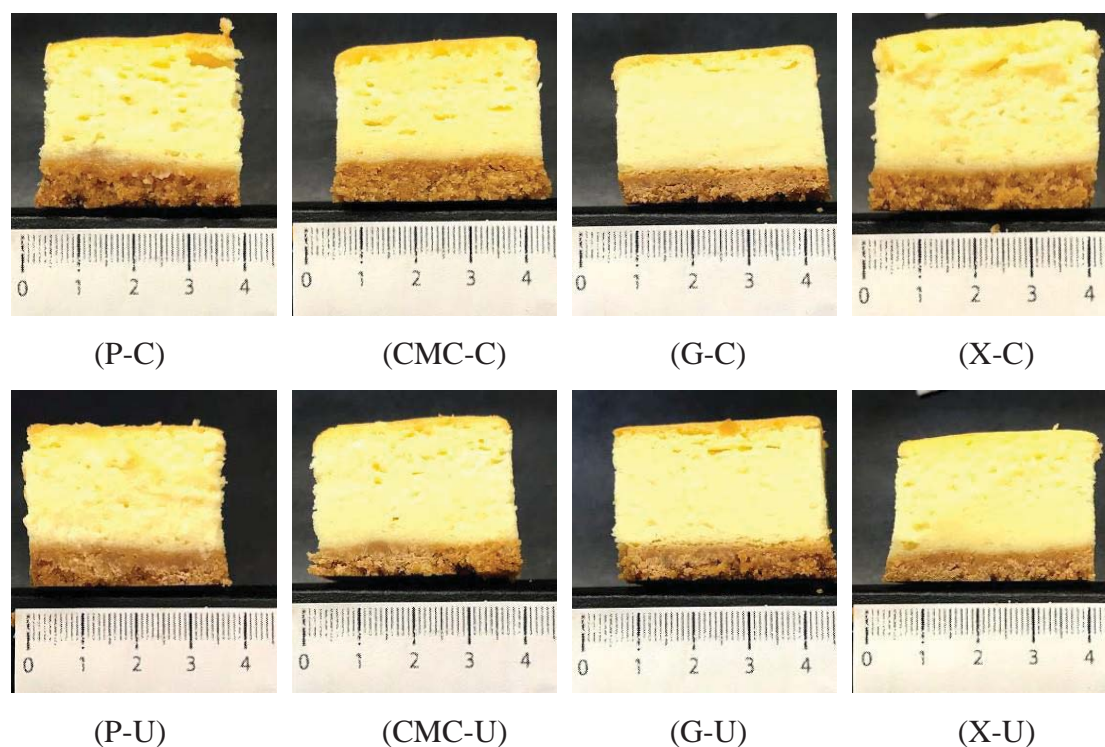
No congelamento convencional a cor do *cheesecake* (P-C) é igual ao *cheesecake* (X-C) porém difere do *cheesecake* (CMC-C) e *cheesecake* (G-C). A cor do *cheesecake* (X-C) é igual ao *cheesecake* (P-C), *cheesecake* (CMC-C) e *cheesecake* (G-C). Porém todas os *cheesecakes* com tendência para coloração amarela, como pode ser visualizada na Figura 4.

No congelamento em ultrafreezer houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos *cheesecakes*, quando comparado a cor do *cheesecake* (P-U) com os demais. A cor do *cheesecake* (CMC-U) não difere do *cheesecake* (G-U), porém difere dos demais. A cor do *cheesecake* (X-U) difere de todas. Porém todas com tendência para coloração amarela, podendo ser visualizada na Figura 4.

Os valores de Croma encontrados (Tabela 2) para os *cheesecakes* ficaram entre 19,30 a 25,73. Para Hue-Angle, foram encontrados valores de (+)1,52 a (+)1,56 e (-) 1,52 a (-) 1,55. Uma melhor indicação de cor pode ser alcançada combinando  $a^*$  e  $b^*$  e expressando-os em termos de Croma e Hue-Angle em vez de seus valores individuais. Croma é um indicador do brilho de um objeto (índice de saturação), enquanto Hue-Angle corresponde a um matiz específico definido no diagrama de cromaticidade (DANG, et al., 2021). Esses valores corroboram que a saturação das cores foi próxima entre as amostras.

Como pode ser visualizado nas Figuras 3 e 4, percebe-se a grande similaridade visual entre as amostras, mostrando que todos os *cheesecakes* tendem para cor amarela confirmando o resultado encontrado com a análise de cor instrumental.

Figura 4: *Cheesecake* após congelamento convencional: (P-C) Padrão, (CMC-C) CMC, (G-C) Guar; (X-C) Xantana e após congelamento em ultrafreezer: (P-U) Padrão; (CMC-U) CMC; (G-U) Guar; (X-U) Xantana.



### 3.3.4 Avaliação do perfil de textura

Na Tabela 4 estão descritos os resultados da análise de perfil de textura das formulações de *cheesecakes* submetidos a diferentes tratamentos.

A força necessária para comprimir a amostra durante a primeira mordida representa a dureza da amostra. Na análise realizada o *cheesecake* padrão (P) e *cheesecake* com guar (G) não tiveram diferença significativa entre si ( $p > 0,05$ ), sendo que a adição do hidrocoloide guar não afetou essa propriedade. Já o *cheesecake* com CMC (CMC) e *cheesecake* com xantana (X) foram iguais entre si ( $p > 0,05$ ), porém diferenciam-se dos demais, com os maiores valores de dureza, sendo eles mais firmes quando comparadas com o *cheesecake* (P). Observando os resultados do parâmetro dureza no congelamento convencional e ultrafreezer o *cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (P-C), *cheesecake* com CMC submetido ao congelamento convencional (CMC-C) e *cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (G-C) não diferem entre si ( $p < 0,05$ ), porém são diferentes do *cheesecake* com

xantana submetido ao congelamento convencional (X-C). Pode ser observado a adição de goma xantana no *cheesecake* com xantana submetido ao congelamento convencional (X-C) e *cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultrafreezer (X-U) se mantem com o maior valor de dureza.

Tabela 4: Resultados da análise de perfil de textura (TPA) das formulações de *cheesecakes* submetidos a diferentes tratamentos.

Amostra	Dureza	Adesividade	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade
P	544,01±112,37 <sup>bcd</sup>	-122,45±32,20 <sup>ab</sup>	0,84±0,02 <sup>abc</sup>	0,40±0,01 <sup>b</sup>	220,53±52,04 <sup>bcd</sup>
CMC	792,82±107,79 <sup>a</sup>	-198,55±78,09 <sup>a</sup>	0,84±0,22 <sup>ab</sup>	0,38±0,07 <sup>b</sup>	310,76±93,69 <sup>ab</sup>
G	595,98±64,78 <sup>bc</sup>	-151,99±58,98 <sup>ab</sup>	0,71±0,08 <sup>abc</sup>	0,37±0,01 <sup>b</sup>	221,47±23,42 <sup>bcd</sup>
X	913,48±64,07 <sup>a</sup>	-101,24±53,59 <sup>ab</sup>	0,84±0,09 <sup>abc</sup>	0,38±0,04 <sup>b</sup>	351,22±16,78 <sup>a</sup>
P-C	541,23±67,47 <sup>cd</sup>	-125,52±45,53 <sup>ab</sup>	0,82±0,02 <sup>abc</sup>	0,42±0,00 <sup>ab</sup>	230,07±26,71 <sup>bcd</sup>
CMC-C	595,42±33,36 <sup>bc</sup>	-153,96±34,29 <sup>ab</sup>	0,88±0,02 <sup>a</sup>	0,42±0,01 <sup>b</sup>	255,57±17,46 <sup>bcd</sup>
G-C	507,00±55,58 <sup>cd</sup>	-153,96±34,29 <sup>ab</sup>	0,88±0,02 <sup>abc</sup>	0,42±0,01 <sup>b</sup>	255,57±17,46 <sup>cd</sup>
X-C	747,51±48,05 <sup>ab</sup>	-79,28±42,56 <sup>ab</sup>	0,84±0,07 <sup>ab</sup>	0,40±0,19 <sup>b</sup>	305,42±31,24 <sup>ab</sup>
P-U	527,95±136,92 <sup>cd</sup>	-153,05±89,85 <sup>ab</sup>	0,64±0,23 <sup>abc</sup>	0,47±0,10 <sup>ab</sup>	237,12±23,36 <sup>bcd</sup>
CMC-U	371,95±50,73 <sup>d</sup>	-87,86±93,28 <sup>ab</sup>	0,53±0,26 <sup>bc</sup>	0,56±0,07 <sup>a</sup>	205,96±17,78 <sup>cd</sup>
G-U	441,73±83,18 <sup>cd</sup>	-107,10±62,94 <sup>ab</sup>	0,53±0,09 <sup>c</sup>	0,44±0,09 <sup>ab</sup>	192,46±39,76 <sup>d</sup>
X-U	744,33±107,37 <sup>ab</sup>	-33,48±10,20 <sup>b</sup>	0,66±0,08 <sup>abc</sup>	0,41±0,04 <sup>b</sup>	305,44±46,16 <sup>abc</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Resultados com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

P: *Cheesecake* padrão; CMC: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC); G: *Cheesecake* com goma guar; X: *Cheesecake* com goma xantana; P-C: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (-20° C); CMC-C: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento convencional (-20° C); G-C: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (-20° C); X-C: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento convencional (-20° C); P-U: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); CMC-U: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); G-U: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); X-U: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C).

Os hidrocoloides com sua capacidade de reter água podem prevenir a formação de grandes cristais de gelo durante o congelamento e armazenamento conferindo textura macia (GAJO, et al., 2017). Pode -se verificar na Tabela 4, que a dureza do *cheesecake* padrão submetido ao congelamento em ultrafreezer (P-U) é o menor, quando comparado com o *cheesecake* (P) e *cheesecake* (P-C).

A Carboximetilcelulose possui alta viscosidade (KUMAR et al., 2018; PRIYADARSHI; KUMAR; RHIM, 2020) em uma concentração relativamente baixa, por isso é usado como aditivo alimentar para fornecer estabilidade e espessura aos alimentos

(PRIYADARSHI; KUMAR; RHIM, 2020). Possui alta estabilidade ao cisalhamento (ROSS et al., 2019). Devido suas características supra citadas, observa-se que o *cheesecake* (CMC) teve o valor de dureza aumentado, quando comparado com o *cheesecake* (P).

A goma xantana, quando dispersa em água, produz rapidamente uma solução viscosa e estável, mesmo em baixas concentrações (SOWMYA et al., 2009; CASAS; SANTOS; GARCÍA-OCHOA, 2000). Devido à pseudoplasticidade da goma, sua solução em água é um espessante, estabilizador e agente de suspensão adequado em muitos alimentos (HABIBI; KHOSRAVI-DARANIB, 2017). Observando que a adição de goma xantana no *cheesecake* (X) também proporcionou aumento da dureza quando comparado com o *cheesecake* (P).

A viscosidade das soluções de goma xantana diminui com o aumento da temperatura, esse comportamento está associado a alterações conformacionais da molécula de xantana de um estado ordenado para um desordenado. A perda de viscosidade é reversível e, após o resfriamento, a alta viscosidade original é recuperada. Por esse motivo, a goma xantana é única em sua capacidade de reter sua viscosidade durante as mudanças de temperatura (SOWMYA et al., 2009; CASAS; SANTOS; GARCÍA-OCHOA, 2000). Observou-se que os valores de dureza diminuíram no *cheesecake* (X-C) e *cheesecake* (X-U) quando comparadas com o *cheesecake* (X).

Hidrocoloides como goma xantana, goma guar e alginato são amplamente utilizados em aplicações industriais para influenciar a estrutura e o comportamento reológico de alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos. Sua aplicação afeta a viscosidade para atingir certas características sensoriais ou para aumentar a estabilidade do produto. Normalmente, o uso de pequenas concentrações (0,05–1%) é suficiente para atingir as características desejadas do produto (GARCÍA-OCHOA et al., 2000).

Milde et al. (2020) desenvolveram macarrão sem glúten a partir de uma formulação com amido de mandioca e farinha de milho (proporção 80:20) e a incorporação de goma xantana em diferentes concentrações para otimizá-la (0,4; 0,6 e 0,8%). A incorporação da goma xantana produziu diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) com aumento considerável nos valores da maioria dos parâmetros de textura analisados. Os valores de firmeza da massa aumentaram com a adição de goma xantana, a sua presença melhorou a mistura dos ingredientes da massa. Isso é necessário do ponto de vista tecnológico com essa matéria-prima, para obter uma massa capaz de resistir industrialmente aos esforços necessários para ser processada, cumprindo uma função semelhante à do glúten. Na ausência de goma xantana, a massa quebrava antes mesmo de ser cozida.

Os valores de dureza nos *cheesecakes* que foram congelados tiveram menores valores quando comparados com os *cheesecakes* antes dos congelamento. Pode-se dizer que o congelamento não causou dano aos *cheesecakes*.

A adesividade é a força requerida para remover o material que adere a boca durante o processo de comer (TUNICK, 2000). Pode se observar que todos os *cheesecakes* foram iguais ao *cheesecake* (P), ou seja, o processo não afetou essa propriedade.

Após a deformação da amostra na primeira mordida, a extensão ou taxa na qual ela retorna à sua forma original é medida como elasticidade (SHARMA et al., 2017). Todos os *cheesecakes* foram iguais ao *cheesecake* (P), porem houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no *cheesecake* (CMC-C), *cheesecake* (CMC-U) e *cheesecake* (G-U), percebendo que o congelamento convencional e ultrafreezer interferiu nesse parâmetro. A coesividade mede a resistência estrutural das ligações internas, que mantêm a matriz alimentar unida em um bolo e evitam que ela se desintegre em fragmentos durante a deglutição (SHARMA et al., 2017), não houve diferença significativa entre os *cheesecakes*, exceto para o *cheesecake* (CMC-U) que é igual ao *cheesecake* (P-C), *cheesecake* padrão (P-U) e *cheesecake* (G-U) e difere dos demais *cheesecakes*. Portanto o congelamento ultrafreezer interferiu nesse parâmetro, deixando o *cheesecake* mais resistente.

Considerando uma análise de perfil de textura, a mastigabilidade deve ser usada para alimento sólido, e a gomosidade deve ser usada para alimento semissólido, não podendo ser calculadas para o mesmo produto (BOURNE, 2002), pois um alimento semissólido sofre deformação permanente e não possui elasticidade (TUNICK, 2000).

A gomosidade é a força necessária para desintegrar a massa do alimento semi-sólido, obtida durante a mastigação até o engolir (TUNICK, 2000, SZCZESNIAK, 2002), observando na Tabela 4, percebe-se que o *cheesecake* (X) é igual ao *cheesecake* (CMC), *cheesecake* (X-C) e *cheesecake* (X-U) e difere dos demais *cheesecakes*. O *cheesecake* G-C) difere do *cheesecakes* (CMC), *cheesecake* (X) e *cheesecake* (X-C). O *cheesecake* (G-C) difere do *cheesecake* (CMC), *cheesecake* (X), *cheesecake* (X-C) e *cheesecake* (X-U). Porém a gomosidade é dependente da dureza, portanto seus valores, tanto nos *cheesecakes* antes do congelamento e após congelamento seguiram uma tendência similar da dureza.

### 3.3.5 Avaliação sensorial

Por meio do teste de aceitação sensorial dos *cheesecakes* descrito na Tabela 5, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os 12 *cheesecakes* nos atributos aparência,

cor, textura e impressão global. A Figura 5 apresenta o índice de aceitabilidade geral das amostras. Isso significa que a adição dos hidrocoloides e o processo de congelamento em temperaturas distintas não alteraram as características dos *cheesecakes*.

Tabela 5: Resultados do teste de aceitabilidade usando escala hedônica.

Amostra	Aparência	Cor	Sabor	Textura	Impressão global
P	7,48±1,07 <sup>a</sup>	7,41±1,15 <sup>a</sup>	7,37±1,45 <sup>ab</sup>	7,67±1,38 <sup>a</sup>	7,36±1,18 <sup>a</sup>
CMC	7,83±0,80 <sup>a</sup>	7,94±0,79 <sup>a</sup>	7,37±1,18 <sup>ab</sup>	7,39±1,18 <sup>a</sup>	7,58±1,20 <sup>a</sup>
G	7,44±1,26 <sup>a</sup>	7,55±1,09 <sup>a</sup>	6,82±1,38 <sup>ab</sup>	7,26±1,35 <sup>a</sup>	7,12±1,22 <sup>a</sup>
X	7,76±0,95 <sup>a</sup>	7,82±0,89 <sup>a</sup>	7,07±1,33 <sup>ab</sup>	7,10±1,23 <sup>a</sup>	7,26±1,09 <sup>a</sup>
P-C	7,61±1,20 <sup>a</sup>	7,68±1,00 <sup>a</sup>	7,40±1,12 <sup>ab</sup>	7,57±1,07 <sup>a</sup>	7,66±0,97 <sup>a</sup>
CMC-C	7,87±0,70 <sup>a</sup>	7,77±0,76 <sup>a</sup>	6,98±1,35 <sup>ab</sup>	7,29±1,23 <sup>a</sup>	7,40±1,03 <sup>a</sup>
G-C	7,46±1,19 <sup>a</sup>	7,51±0,98 <sup>a</sup>	6,57±1,80 <sup>b</sup>	6,96±1,63 <sup>a</sup>	7,05±1,48 <sup>a</sup>
X-C	7,60±1,13 <sup>a</sup>	7,64±0,98 <sup>a</sup>	7,22±1,01 <sup>ab</sup>	7,26±1,02 <sup>a</sup>	7,43±1,04 <sup>a</sup>
P-U	7,66±1,25 <sup>a</sup>	7,46±1,18 <sup>a</sup>	7,52±1,48 <sup>a</sup>	7,68±1,15 <sup>a</sup>	7,41±1,19 <sup>a</sup>
CMC-U	7,54±1,28 <sup>a</sup>	7,68±1,07 <sup>a</sup>	7,3±1,41 <sup>ab</sup>	7,2±1,41 <sup>a</sup>	7,32±1,02 <sup>a</sup>
G-U	7,61±0,92 <sup>a</sup>	7,6±1,01 <sup>a</sup>	7,2±1,47 <sup>ab</sup>	7,24±1,36 <sup>a</sup>	7,33±1,31 <sup>a</sup>
X-U	7,8±0,96 <sup>a</sup>	7,86±1,06 <sup>a</sup>	7,2±1,24 <sup>ab</sup>	7,36±1,27 <sup>a</sup>	7,38±1,05 <sup>a</sup>

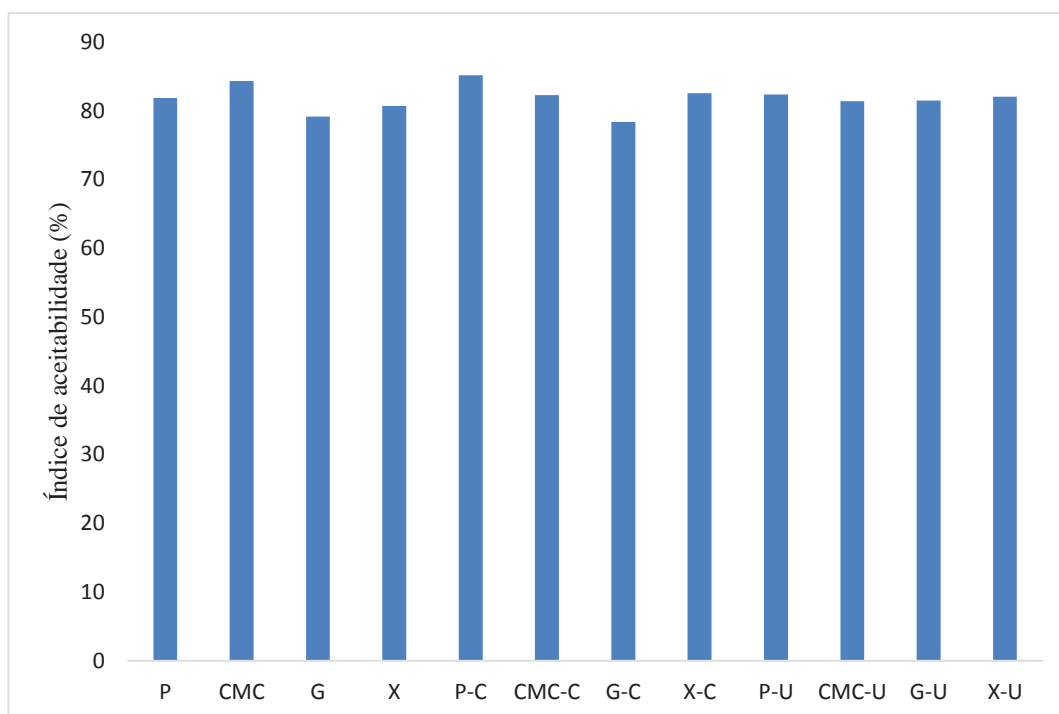
Resultado expresso como índice de aceitabilidade. Nos valores dos resultados seguido de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

P: *Cheesecake* padrão; CMC: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC); G: *Cheesecake* com goma guar; X: *Cheesecake* com goma xantana; P-C: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (-20° C); CMC-C: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento convencional (-20° C); G-C: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (-20° C); X-C: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento convencional (-20° C); P-U: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); CMC-U: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); G-U: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); X-U: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C).

Em relação ao sabor, embora tenha havido diferença significativa ( $p<0,05$ ), pode-se dizer que a influência dos fatores sobre a aceitabilidade foi praticamente nula, pois quase todos os *cheesecakes* apresentaram a mesma aceitabilidade. Houve diferença apenas entre o *cheesecake* padrão submetido ao congelamento em ultrafreezer (P-U) e o *cheesecake* com goma guar submetido ao congelamento convencional (G-C), sendo que todos os demais foram iguais.



Figura 5: Gráfico do Índice de aceitabilidade dos *cheesecakes*.



Resultado expresso como índice de aceitabilidade. P: *Cheesecake* padrão; CMC: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC); G: *Cheesecake* com goma guar; X: *Cheesecake* com goma xantana; P-C: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (-20° C); CMC-C: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento convencional (-20° C); G-C: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (-20° C); X-C: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento convencional (-20° C); P-U: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); CMC-U: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); G-U: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); X-U: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C).

O questionário CATA tem como finalidade reunir as informações dos produtos em relação a percepção das características sensoriais do consumidor. A frequência de escolha de cada atributo pelo consumidor está apresentada na Tabela 6.

Os parâmetros com maior frequência de citações nos 12 *cheesecakes* foram recheio amarelo claro, aparência consistente, massa úmida, recheio homogêneo, recheio cremoso, massa pouco crocante, aparência cremosa e gosto doce. Isso indica que a textura e aparência das formulações dos *cheesecakes* em geral, foram agradáveis aos julgadores. Os *cheesecakes* foram inteiramente descongelados, estando pronto para o consumo, pois o termo cristais de gelo foi o menos selecionado em relação a aparência dos 12 *cheesecakes*.

Os termos menos citados para os 12 *cheesecakes* foram gosto ranço, líquido saindo do *cheesecake*, gosto velho, recheio amarelo escuro, recheio gorduroso, massa crocante. Isso indica que o congelamento em duas temperaturas diferentes e a adição de hidrocoloides não alteraram as características organolépticas dos *cheesecakes*. Mesmo que o *cheesecake* seja uma

sobremesa com teor de gordura (22,18%), esse parâmetro não foi identificado em grande proporção pelos julgadores, sendo que a gordura presente não é uma característica que atrapalhe as características organolépticas do *cheesecake*.

Tabela 6: Frequências dos parâmetros usados no questionário CATA.

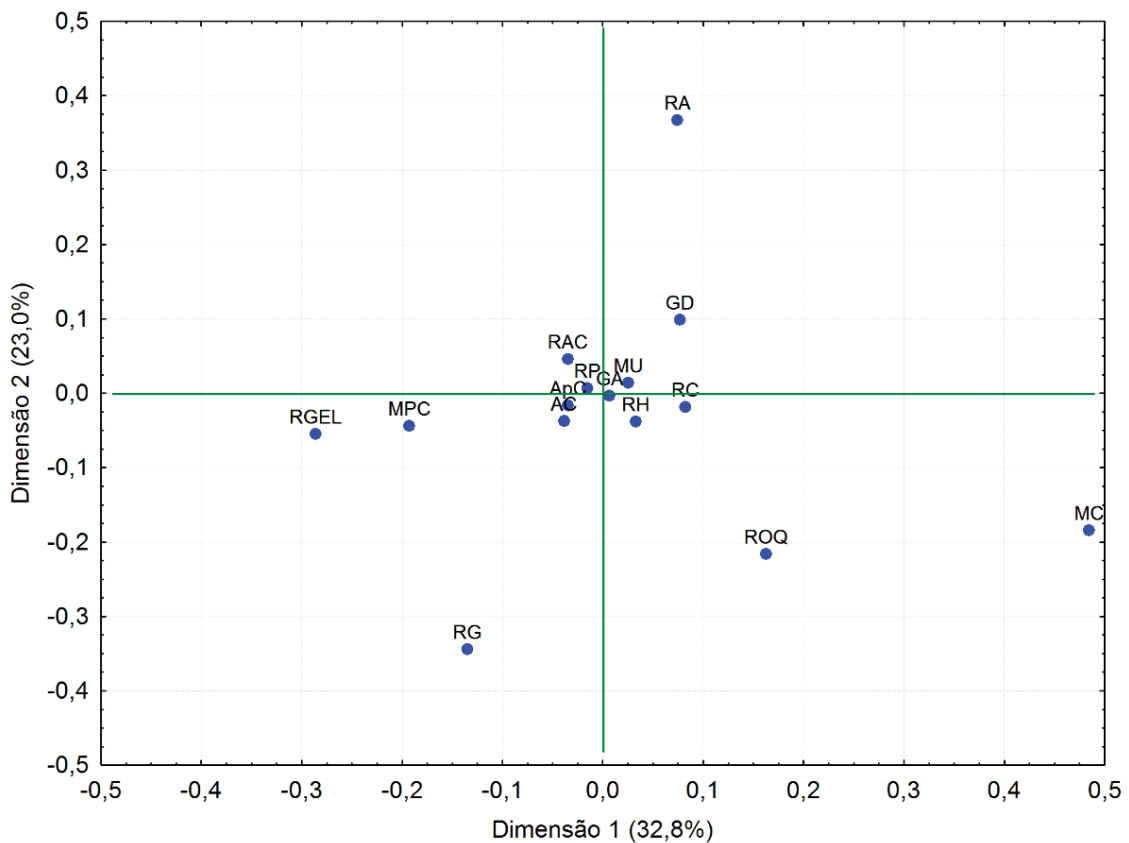
Atributos	P	CMC	G	X	P-C	CMC-C	G-C	X-C	P-U	CMC-U	G-U	X-U
Recheio cremoso	27	20	23	15	26	25	27	22	26	20	22	23
Recheio pastoso	15	17	13	22	13	17	14	13	14	15	12	13
Recheio gorduroso	4	5	7	3	3	3	6	1	2	5	6	2
Recheio homogêneo	32	28	29	27	28	27	24	21	26	25	25	21
Recheio aerado	11	11	8	13	19	8	7	15	9	6	3	6
Recheio gelatinoso	6	6	11	11	4	8	12	8	3	6	7	9
Massa crocante	6	10	4	4	7	7	5	6	17	11	9	3
Massa úmida	33	22	29	31	29	28	26	26	29	24	22	23
Massa pouco crocante	24	23	32	33	15	20	24	21	13	17	19	16
Gosto doce	16	28	18	21	27	22	23	24	23	22	15	27
Gosto ácido	17	9	15	13	10	6	5	9	13	4	9	10
Gosto velho	1	1	0	1	2	5	3	0	2	2	3	3
Gosto ranço	0	1	0	0	1	0	2	0	1	0	1	1
Sabor desagradável	1	2	2	3	0	1	4	0	0	4	1	2
Recheio odor de queijo	4	4	8	6	5	5	3	3	9	4	7	3
Recheio amarelo claro	43	43	42	44	43	41	45	39	32	33	29	31
Recheio amarelo escuro	2	3	3	2	1	1	4	4	1	3	4	2
Cristais de gelo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Líq. sai do <i>cheesecake</i>	0	0	0	2	0	2	0	4	0	1	0	4
Aparência consistente	39	44	38	39	29	34	30	32	28	34	31	39
Aparência cremosa	22	21	24	21	21	21	26	18	17	18	19	14

P: *Cheesecake* padrão; CMC: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC); G: *Cheesecake* com goma guar; X: *Cheesecake* com goma xantana; P-C: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (-20° C); CMC-C: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento convencional (-20° C); G-C: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (-20° C); X-C: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento convencional (-20° C); P-U: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); CMC-U: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); G-U: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); X-U: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C).

A análise de componentes principais das frequências de citações dos atributos obtidos no teste CATA demonstrou que a variabilidade entre as amostras pode ser simplificada em

55,8% por dois componentes principais, como mostrado na Figura 6, que apresenta os autovalores do teste. A Figura 6, apresenta a representação das amostras e dos atributos do teste CATA nas dimensões da análise de componente principal. Os atributos mais representados pelo componente principal 1 foram: recheio pastoso, recheio gorduroso, recheio gelatinoso, recheio amarelo claro, massa pouco crocante, aparência consistente e aparência cremosa. Os atributos mais representados pelo componente principal 2 foram: recheio aerado, recheio homogêneo, recheio cremoso, recheio com odor de queijo, massa crocante, massa umida, gosto doce, gosto ácido. O componente principal 1 foi mais representado pelos atributos relacionados com a aparência, cor, textura, enquanto que o componente principal 2 foi representado pelos parâmetros de sabor e textura.

Figura 6: Análise de componentes principais das dos atributos obtidos no teste CATA.

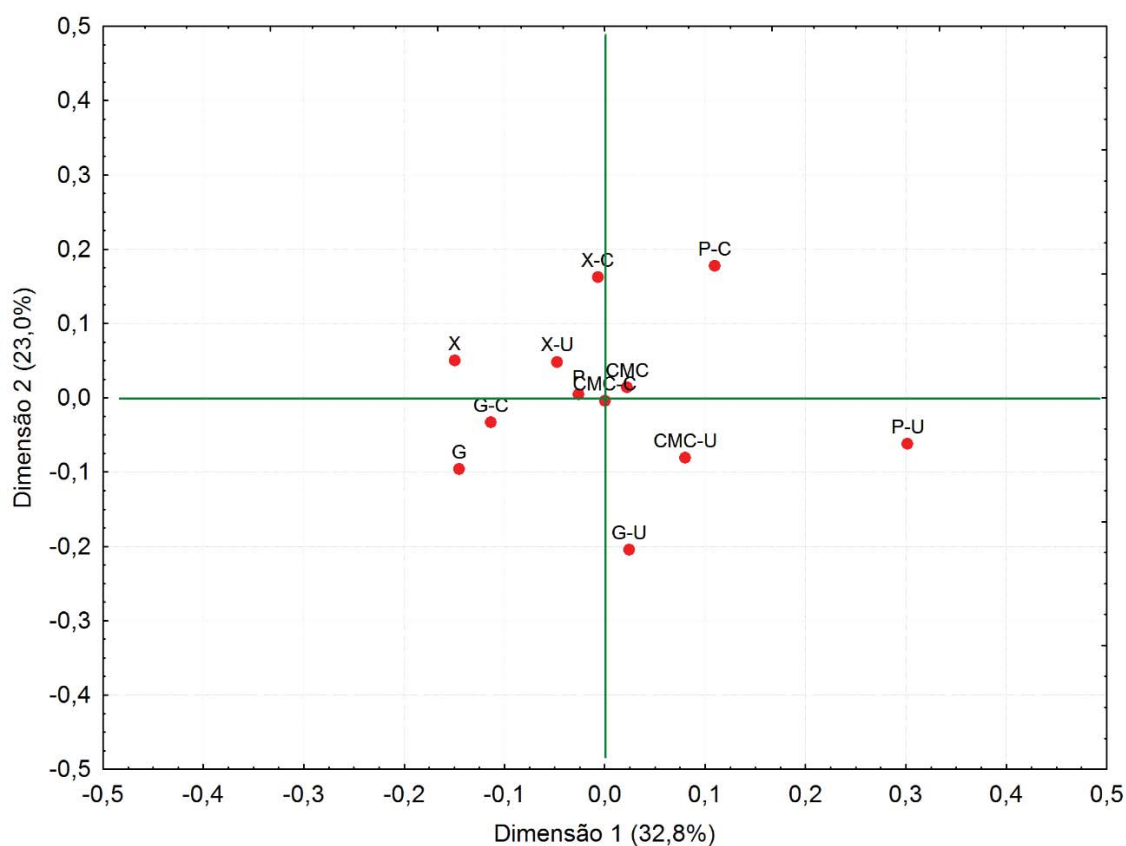


RE: Recheio cremoso; RP: Recheio pastoso; RG: Recheio gorduroso; RA: Recheio aerado; RH: Recheio homogêneo; RGEL: Recheio gelatinoso; MC: Massa crocante; MU: Massa úmida; MPC: Massa pouco crocante; GD: Gosto doce; GA: Gosto ácido; ROQ: Recheio odor de queijo; RAC: Recheio amarelo claro; ApC: Aparência consistente; AC: aparência cremosa.

Na Figura 7, pode observar que o *cheesecake* com CMC submetido ao congelamento ultrafreezer (CMC-U), *cheesecake* padrão submetido ao congelamento ultrafreezer (P-U) e

*cheesecake* com guar submetido ao congelamento ultrafreezer (G-U), estão na parte inferior à direita, sendo que quase todos os *cheesecakes* que foram congelados em ultrafreezer ficaram no mesmo quadrante, e são representados pelos atributos recheio cremoso, recheio homogêneo, recheio com odor de queijo e massa crocante, esses atributos estão relacionados diretamente com a textura, sendo que o congelamento não interferiu na textura, podendo ser visto que esse parâmetro não mostrou diferença significativa  $p(>0,05)$  na aceitabilidade, não sendo percebido pelos julgadores alteração, tampouco a adição da goma guar e CMC no *cheesecake* no quesito textura.

Figura 7: Mapa sensorial das amostras de *cheesecake* obtidos no teste CATA



P: *Cheesecake* padrão; CMC: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC); G: *Cheesecake* com goma guar; X: *Cheesecake* com goma xantana; P-C: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (-20° C); CMC-C: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento convencional (-20° C); G-C: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (-20° C); X-C: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento convencional (-20° C); P-U: *Cheesecake* padrão submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); CMC-U: *Cheesecake* com carboximetilcelulose (CMC) submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); G-U: *Cheesecake* com guar submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C); X-U: *Cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultra freezer (-70° C).

Os *cheesecakes* com CMC (CMC) e *cheesecake* padrão submetido ao congelamento convencional (P-C) estão na parte superior a direita e são representadas pelos atributos recheio

aerado, gosto doce, massa umida, gosto ácido, sendo que esses atributos estão relacionados com textura e sabor. Em relação ao sabor, pode-se afirmar que o tipo de congelamento e o uso dos hidrocolóides mantiveram as características desses *cheesecakes* em relação à percepção das características sensoriais do consumidor. A carboximetilcelulose é usada principalmente para controlar o nível de viscosidade sem gelificar (CHOI et al., 2008), sendo assim, a adição do hidrocoloide CMC na formulação não alterou as características, aonde o recheio aerado foi percebido pelos julgadores para essa amostra (CMC).

O *cheesecake* com CMC submetido ao congelamento convencional (CMC-C), *cheesecake* com xantana submetido ao congelamento ultrafreezer (X-U), *cheesecake* com xantana submetido ao congelamento convencional (X-C), *cheesecake* com xantana (X) e *cheesecake* padrão (P) são representadas pelo atributo recheio amarelo claro e recheio pastoso, sendo que esse atributo está relacionado com textura e cor. Sendo que essas formulações possuem características semelhantes ao *cheesecake* (P), por estarem no mesmo quadrante.

O *cheesecakes* com guar (G) e *cheesecake* com guar submetido ao congelamento convencional (G-C) estão representadas pelos atributos aparência cremosa, massa pouco crocante, recheio gelatinoso, recheio gorduroso. Esses atributos estão relacionados com aparência, textura e sabor, e no teste de aceitabilidade não tiveram diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Por serem formulações que tiveram a adição da goma guar, apresentaram semelhanças nesses atributos.

A goma guar tem viscosidade mais alta em comparação com os outros polissacarídeos, devido ao seu grande peso molecular e alta capacidade de hidratação (DICKINSON, 2003). A grande vantagem dos galactomananos é sua capacidade, em concentrações relativamente baixas, de formar soluções muito viscosas que são levemente afetadas pelo pH, íons adicionados e processamento de calor (SITTIKIYOTHIN; TORRES; GONÇALVES, 2005). A adição da goma guar deu características de aparência cremosa e recheio gelatinoso os *cheesecakes*.

Considerando a necessidade de preparar uma quantidade grande de *cheesecakes* para uso em restaurantes, padarias, eventos, o congelamento é um processo útil de ser realizado, não danifica a sobremesa, e como foi observado não houve diferença no parâmetro impressão global avaliados pelos julgadores na análise sensorial, ou seja, teve boa aceitação.

O processo de congelamento indicado para essa sobremesa após as análises realizadas é o congelamento utilizando um ultrafreezer, pois ele causa menos alterações físicas, químicas e sensoriais no *cheesecake*.

Em relação ao uso de hidrocoloides nessa sobremesa, a adição não trouxe benefícios esperados nas condições avaliadas. As concentrações usadas e os tipos de hidrocoloides escolhidos não conseguiram preservar as características dos *cheesecakes* quando comparados com o *cheesecake* padrão (P). Os componentes naturais presentes na formulação padrão (proteína, gordura, açúcar, etc.) conseguiram preservar as características do *cheesecake* quando submetidos ao congelamento.

### 3.4 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que não houve diferença significativas nos valores de pH e sinérese para os *cheesecakes* submetidos aos diferentes processos. O congelamento convencional alterou os valores de atividade de água. Os *cheesecakes* que passaram por congelamento tiveram alteração de cor e com maior tendência a cor amarela.

Em relação à dureza, esta foi maior nos *cheesecakes* com CMC (CMC), com xantana (X), com xantana submetida ao congelamento convencional (XC) e com xantana submetida ao congelamento no ultrafreezer (XU). Quanto à adesividade pôde-se observar que todos os *cheesecakes* foram iguais ao *cheesecake* padrão (P), ou seja, o processo não afetou essa propriedade. Sobre a gomosidade houve diferença significativa, porém os resultados seguiram uma tendência similar à dureza.

Os resultados de aceitabilidade mostraram que a adição de hidrocoloides e o processo de congelamento não tiveram influência negativa para aparência, cor, textura e impreção global, mas teve uma pequena influência no parâmetro sabor, embora todos os *cheesecakes* tenham sido iguais ao *cheesecake* padrão (P).

No teste CATA, os atributos recheio amarelo claro, recheio pastoso foram agrupados, indicando que estavam correlacionados com os *cheesecakes* CMC-C, X-U, X-C, X e P. Os atributos recheio cremoso, recheio homogêneo, recheio com odor de queijo e massa crocante estavam correlacionados com os *cheesecakes* CMC-U, P-U, G-U. Os atributos recheio doce, recheio aerado, massa úmida e gosto ácido estavam relacionados com os *cheesecakes* CMC e P-C. E os atributos aparência cremosa, massa pouco crocante, recheio gelatinoso e recheio gorduroso estavam relacionados com os *cheesecakes* G e G-C.

### 3.5 REFERÊNCIAS

BEUCHAT, L. R. Influence of Water Activity on Growth, Metabolic Activities and Survival of Yeasts and Molds. **Journal of Food Protection**, v. 46, n. 2, p. 135–141, 1983. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-46.2.135>.

BIGLIA, A.; COMBA, A.; FABRIZIO, E.; PAOLO GAY, P.; MANNINI, A.; MUSSINATTO, A.; AIMONINO, D. R. Reversed Brayton cycle for food freezing at very low temperatures: Energy performance and optimisation. **International Journal of Refrigeration**, v. 81, p. 82-95, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.05.022>.

BOURNE, M. C. Chapter 7 - Sensory Methods of Texture and Viscosity Measurement. Food Texture and Viscosity (Second Edition) Concept and Measurement. **Food Science and Technology**, p. 257-291, 2002. <https://doi.org/10.1016/B978-012119062-0/50007-3>.

BRAVI, E.; SILEONI, V.; PERRETTI, G.; MARCONI, O. Accelerated shelf life model of gluten-free toasts using oxidation indices. **Food Chemistry**, v. 326, 126971, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126971>.

CASAS, J. A.; SANTOS, V. E.; GARCÍA-OCHOA, F. Production of xanthan gum under various operational conditions: molecular structure and rheological properties. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 26, n. 2–4, p. 282-291, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(99\)00160-X](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(99)00160-X).

CHAROENREIN, S. Food Microstructure and Its Relationship with Quality and Stability. In: Microstructural changes and their relationship with quality and stability of frozen foods. **Food Science, Technology and Nutrition**, p. 123-138, 2018.

CHOI, J.; LEE, H. S.; KIM, J. H.; LEE, K. W.; CHUNG, Y. J.; BYUN, M. W.; LEE, J. W. Effect of electron beam irradiation on the viscosity of carboxymethylcellulose solution. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms**, v. 266, n. 23, p. 5068-5071, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2008.09.019>.

DALVI-ISFAHAN, M.; JHA, P. K.; TAVAKOLI, J.; DARAEI-GARMAKHANY, A.; XANTHAKIS, E.; LE-BAIL, A. Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage. **Journal of Food Engineering**, v. 255, p. 50–60, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.011>

DANG, D. S.; F. BUHLER, J. F.; STAFFORD, C. D.; TAYLOR, M. J.; SHIPPEN, J. S.; DAI, X.; ENGLAND, E. M.; MATARNEH, S. K. Nix Pro 2 and Color Muse as potential colorimeters to assess color in foods. **LWT**, v. 147, 111648, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111648>.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**. v. 17, n. 1, p. 25-39, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00120-5)

FDA. Food and Agriculture Organization. **Code of Federal Regulations Title 21**. Cheeses and related cheese products. 2019. Disponível: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=133.133>. Acesso em: 01 jul 2020.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: editora ATHENEUS, 2008, 13-15 p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**, 9. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2008, 153 p.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery and properties. **Biotechnology Advances**, v.18, n. 7, p.549-579, 2000. [https://doi-org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0734-9750\(00\)00050-1](https://doi-org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0734-9750(00)00050-1)

GISSLEN, W. **Panificação e confeitaria profissional**. In: Cremes, pudins, musses e suflês. 1 ed. Barueri/SP: Manole, 2011, cap. 20. p. 528 -529.

GONZÁLEZ-MARTÍN, M. I.; VIVAR-QUINTANA, A. M.; REVILLA, I.; SALVADOR-ESTEBAN, J. The determination of fatty acids in cheeses of variable composition (cow, ewe's, and goat) by means of near infrared spectroscopy. **Microchemical Journal**, v. 156, 104854, 2020. <https://doi-org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.microc.2020.104854>.

HABIBI, H.; KHOSRAVI-DARANIB, K. Effective variables in the production and structure of xanthan gum and its food applications: a review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 10, p. 130-140, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.02.013>.

HARDER, M. N. C.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. Quantitative evaluation by a digital colorimeter of the color of the egg of laying hens fed with annatto (*Bixa orellana*). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 102, n.563-564, p. 339-342, 2007.

HASGUCMEN, C. K.; SENGUN, I. Y. Viability of the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* and its impact on the sensory properties of cheesecake during storage at  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **LWT. Food Science and Technology**, v.134, 109967, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109967>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4<sup>o</sup> ed, 1<sup>o</sup> ed. digital. São Paulo, 2008.

JHA, P. K.; XANTHAKIS, E.; JURY, V.; HAVET, M.; LE-BAIL, A. Advances of electro-freezing in food processing. **Current Opinion in Food Science**, v. 23, p. 85–89, 2018.

KUMAR, A.; DEEPAK; SHARMA, S.; SHERE AFGAN, S.; RAJESH KUMAR, R.; KESHARI, A. K.; SRIVASTAVA, R. Development of graft copolymer of carboxymethylcellulose and N-vinylcaprolactam towards strong antioxidant and antibacterial polymeric materials **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 112, p. 780-787, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.030>.



LE-BAIL, A.; CHAPLEAU, N.; LAMBALLERIE, M. A.; VIGNOLLE, M. Evaluation of the mean ice ratio as a function of temperature in a heterogeneous food: application to the determination of the target temperature at the end of freezing. **International Journal of Refrigeration**, v. 31, n. 5, p. 816-821, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2007.11.003>

LI, J. M.; NIE, P. S. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 46 a 61, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.035>.

MAHMOOD, K.; KAMILAH, H.; SHANG, P. L.; SYAZANA SULAIMAN, S.; ARIFFIN, F.; ALIAS, A. K. A review: Interaction of starch/non-starch hydrocolloid blending and the recent food applications. **Food Bioscience**, v. 19, p. 110-120, 2017.

MILDE, L. B.; CHIGAL, P. S.; OLIVERA, J. E.; GONZÁLEZA, K. G. Incorporation of xanthan gum into gluten-free pasta with cassava starch. Physical, textural and sensory attributes. **LWT**, v.131, 109674, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109674>.

MOREIRA, R. V.; COSTA, M. C.; LIMA, R. S.; CASTRO, V. S.; MUTZ, Y. S.; ROSARIO, A. I. L; DELGADO, K. F; MANO, S. B; CONTE, C. A. J. Synergistic effect of pequi waste extract, UV-C radiation and vacuum packaging on the quality characteristics of goat Minas Frescal cheese with sodium reduction. **LWT**, v. 147, 111523, 2021. <https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.lwt.2021.111523>.

NĂSTASE, G.; PEREZ, P. A.; ȘERBAN, A.; DOBROVICESCU, A.; CMARIANA-FLORENTINA ȘTEFĂNESCU, M. F.; RUBINSKY, B. Advantages of isochoric freezing for food preservation: a preliminary analysis. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 78, p. 95-100, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.08.026>.

PAXIMADA, P.; HOWARTHI, M.; DUBEYI, B. N. Double emulsions fortified with plant and milk proteins as fat replacers in cheese. **Journal of Food Engineering**, v. 288, 110229, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110229>.

PRIYADARSHI, R.; KUMAR, B.; RHIM, J. W. Green and facile synthesis of carboxymethylcellulose/ZnO nanocomposite hydrogels crosslinked with Zn<sup>2+</sup> ions. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 162, p. 229-235, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.155>.

ROSS, A. I. V.; TYLER, P.; BORGOGNONE, G.; ERIKSEN, B. M. Relationships between shear rheology and sensory attributes of hydrocolloid-thickened fluids designed to compensate for impairments in oral manipulation and swallowing. **Journal of Food Engineering**, v. 263, p. 123-131, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.05.040>.

SAHIN, H.; OZDEMIR, F. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. **Food Hydrocolloids**, v. 18, ed. 6, p. 1015-1022, 2004.

SHARMA, M.; KRISTO, E.; CORREDIG, M.; DUIZER, L. Effect of hydrocolloid type on the texture of pureed carrots: rheological and sensory measures. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 478-487, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.040>.

SITTIKIYOTHIN, W.; TORRES, D.; GONÇALVES, M. P. Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, n. 3, p. 339-350, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.10.005>.

SOWMYA, M.; JEYARANI, T.; JYOTSNA, R.; INDRANI, D. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n.7. p. 1827-1836, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.02.008>.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8).

TUNICK, M. H. Rheology of Dairy Foods that Gel, Stretch, and Fracture. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 8, p. 1892–1898, 2000. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75062-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75062-4)

VALENCIA, M. S.; SALGADO, S. M.; ANDRADE, S. A. C.; PADILHA, V. M.; LIVERA, A. V. S.; STAMFORD, T. L. M. Development of creamy milk chocolate dessert added with fructooligosaccharide and *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 81. **LWT - Food Science and Technology**, v.69, p. 104-109, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.039>.

VIEIRA, T. A. **Desenvolvimento de sobremesa láctea simbiótica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos), Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, São Paulo, 2011.

YASIN, N. M. N.; SHALABY, S. M. Physiochemical and sensory properties of functional low-fat cheesecake manufactured using cottage cheese. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 58, n.1, p. 61-67, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2013.01.009>

ZEYNALI, M.; NAJI-TABASI, S.; FARAHMANDFAR, R. Investigation of basil (*Ocimum bacilicum* L.) seed gum properties as Cryoprotectant for Frozen Foods. **Food Hydrocolloids**, v. 90, p. 305-312, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.034>.

ZHU, Z.; ZHOU, Q.; SUN, D. W. Measuring and controlling ice crystallization in frozen foods: A review of recent developments. **Trends in Food Science and Technology**, v. 90, p. 13 - 25, 2019.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que não houve diferença significativas nos valores de pH e sinérese para os *cheesecakes* submetidos aos diferentes processos. O congelamento convencional alterou os valores de atividade de água. Os *cheesecakes* que passaram por congelamento tiveram alteração de cor e com maior tendência a cor amarela.

Em relação à dureza, esta foi maior nos *cheesecakes* com CMC (CMC), com xantana (X), com xantana submetida ao congelamento convencional (XC) e com xantana submetida ao congelamento no ultrafreezer (XU). Quanto à adesividade pôde-se observar que todos os *cheesecakes* foram iguais ao *cheesecake* padrão (P), ou seja, o processo não afetou essa propriedade. Sobre a gomosidade houve diferença significativa, porém os resultados seguiram uma tendência similar à dureza.

Os resultados de aceitabilidade mostraram que a adição de hidrocolóides e o processo de congelamento não tiveram influência negativa para aparência, cor, textura e impreção global, mas teve uma pequena influência no parâmetro sabor, embora todos os *cheesecakes* tenham sido iguais ao *cheesecake* padrão (P).

Em relação ao teste CATA, os atributos recheio amarelo claro, recheio pastoso foram agrupados, indicando que estavam correlacionados com os *cheesecakes* CMC-C, X-U, X-C, X e P. Os atributos recheio cremoso, recheio homogêneo, recheio com odor de queijo e massa crocante estavam correlacionados com os *cheesecakes* CMC-U, P-U, G-U. Os atributos recheio doce, recheio aerado, massa umida e gosto ácido estavam relacionados com os *cheesecakes* CMC e P-C. E os atributos aparência cremosa, massa pouco crocante, recheio gelatinoso e recheio gorduroso estavam relacionados com os *cheesecakes* G e G-C.

O processo de congelamento indicado para essa sobremesa após as análises realizadas é o congelamento em ultrafreezer, pois ele causa menos alterações físicas, químicas e sensoriais no *cheesecake*.

Em relação ao uso de hidrocolóides nessa sobremesa, a adição não trouxe benefícios esperados nas condições avaliadas. As concentrações usadas e os tipos de hidrocolóides escolhidos não conseguiram preservar as características dos *cheseckes* quando comparados com o *cheesecake* padrão (P).

Estudos futuros poderiam utilizar as contribuições deste trabalho na aplicação dessa ou em outras matrizes alimentares na indústria de alimentos para fabricar produtos que supram as

expectativas dos consumidores e facilitando o consumo de sobremesas congeladas. Como sugestões podem ser citadas:

- a) Avaliar outros hidrocoloides com diferentes concentrações, ou até mesmo o uso simultâneo entre eles.
- b) Avaliar essa sobremesa utilizando outras análises instrumentais para verificar o efeito dos cristais de gelo no *cheesecake* ainda congelado

## REFERÊNCIAS

- ACHOURI, A.; ZAMANI, Y.; BOYE, J. I.; Stability and Physical Properties of Emulsions Prepared with and without Soy Proteins. **Journal of Food Research**, v. 1, n. 1; 2012. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n1p254>.
- ALIJA, J.; TALENS, C. New concept of desserts with no added sugar. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 1, n. 2, p. 116-122, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2013.06.002>.
- BARAN, A.; SULUKAN, E.; TÜRKOĞLU, M.; GHOSIGHAREHAGAJI, A.; YILDIRIM, S.; KANKAYNAR, M.; BOLAT, I.; KAYA, M.; TOPAL, A.; CEYHUN, S. B. Is sodium carboxymethylcellulose (CMC) really completely innocent? Could be triggering obesity. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 163, p. 2465-2473, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.169>.
- BARTH, H. G.; SMITH, D. A. High-performance size-exclusion chromatography of guar gum. **Journal of Chromatography A**, v. 206, n. 2, p. 410-415, 1981. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)82558-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)82558-3)
- BEDANE, T. F.; ALTIN, O.; EROL, B.; MARRA, F.; ERDOĞDU, F. Thawing of frozen food products in a staggered through-field electrode radio frequency system: A case study for frozen chicken breast meat with effects on drip loss and texture. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 50, p. 139–147, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.09.001>.
- BEUCHAT, L. R. Influence of Water Activity on Growth, Metabolic Activities and Survival of Yeasts and Molds. **Journal of Food Protection**, v. 46, n. 2, p. 135–141, 1983. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-46.2.135>.
- BHATNAGAR, B. S.; BOGNER, R. H.; PIKAL, M. J. Protein stability during freezing: separation of stresses and mechanisms of protein stabilization (Revision). **Pharmaceutical Development and Technology**, v. 12, n. 5, p. 505-523, 2007. DOI: 10.1080/10837450701481157.
- BIANCHI, A. D.; MALLMANN, S.; GAZONI, I.; CAVALHEIRO, D.; RIGO, E. Effect of acid casein freezing on industrial processed cheese production. **International Dairy Journal**, v.118, 105043, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105043>.
- BIGLIA, A.; COMBA, A.; FABRIZIO, E.; PAOLO GAY, P.; MANNINI, A.; MUSSINATTO, A.; AIMONINO, D. R. Reversed Brayton cycle for food freezing at very low temperatures: Energy performance and optimisation. **International Journal of Refrigeration**, v. 81, p. 82-95, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.05.022>.
- BOURNE, M. C. Chapter 7 - Sensory Methods of Texture and Viscosity Measurement. Food Texture and Viscosity (Second Edition) Concept and Measurement. **Food Science and Technology**, p. 257-291, 2002. <https://doi.org/10.1016/B978-012119062-0/50007-3>.
- BOUYER, E.; MEKHLLOUFI, G.; ROSILIO, V.; GROSSIORD, J. L.; AGNELY, F. Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions: alternatives to synthetic

surfactants in the pharmaceutical field? **International Journal of Pharmaceuticals**, v. 436, n. 1–2, p. 359-378, 2012. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2012.06.052.

BRASIL, Portaria N° 203, de 4 de outubro de 2019. Regulamento técnico sobre a identidade e requisitos mínimos de qualidade da sobremesa láctea. Submetida à Consulta Pública, pelo prazo de 60 (sessenta) dias, out, 2019.

BRAVI, E.; SILEONI, V.; PERRETTI, G.; MARCONI, O. Accelerated shelf life model of gluten-free toasts using oxidation indices. **Food Chemistry**, v. 326, 126971, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126971>.

BUZBY, J. C.; HYMAN, J. Total and per capita value of food loss in the United States. **Food Policy**, v. 37, n. 5, p. 561-570, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.06.002>.

CABEZAS, D. M.; PASCUAL, G. N.; WAGNER, J. R.; PALAZOLO, G. P. Nanoparticles assembled from mixtures of whey protein isolate and soluble soybean polysaccharides. Structure, interfacial behavior and application on emulsions subjected to freeze-thawing. **Food Hydrocolloids**, v. 95, p. 445-453, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.040>.

CASAS, J. A.; SANTOS, V. E.; GARCÍA-OCHOA, F. Production of xanthan gum under various operational conditions: molecular structure and rheological properties. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 26, n. 2–4, p. 282-291, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(99\)00160-X](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(99)00160-X).

CEVOLI, C.; BALESTRA, F.; RAGNI, L.; FABBR, A. Rheological characterisation of selected food hydrocolloids by traditional and simplified techniques. **Food Hydrocolloids**, v. 33, n. 1, p. 142-150, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.02.022>.

CHANG, B. S.; KENDRICK, B. S.; CARPENTER, J. F. Surface-induced denaturation of proteins during freezing and its inhibition by surfactants. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.85, n. 12, p. 1325–1330, 1996. doi: 10.1021 / js960080y.

CHAROENREIN, S. Food Microstructure and Its Relationship with Quality and Stability. In: Microstructural changes and their relationship with quality and stability of frozen foods. **Food Science, Technology and Nutrition**, p. 123-138, 2018.

CHENG, J.; CUI, J.; MA, Y.; YAN, T.; WANG, L.; LI, H.; LI, X. Effects of soy-to-milk protein ratio and sucrose fatty acid ester addition on the stability of ice cream emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 425-436, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.002>.

CHENG, L.; SUN, D. W.; ZHU, Z.; ZHANG, Z. Effects of high pressure freezing (HPF) on denaturation of natural actomyosin extracted from prawn (*Metapenaeus ensis*). **Food Chemistry**, v. 229, p. 252-259, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.048>.

CHIVERO, P.; GOHTANI, S.; YOSHII, H.; NAKAMURA, A. Effect of xanthan and guar gums on formation and stability of soluble polysaccharide oil-in-water emulsions in soybeans. **Food Research International**, v. 70, p. 7-14, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.025>.

CHOI, J.; LEE, H. S.; KIM, J. H.; LEE, K. W.; CHUNG, Y. J.; BYUN, M. W.; LEE, J. W. Effect of electron beam irradiation on the viscosity of carboxymethylcellulose solution. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms**, v. 266, n. 23, p. 5068-5071, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2008.09.019>.

DALVI-ISFAHAN, M.; HAMDAMI, N.; XANTHAKIS, E.; LE-BAIL, A. Review on ice nucleation control by ultrasound waves, electric and magnetic fields. **Food Engineering Magazine**, v. 195, p. 222-234, 2017.

DALVI-ISFAHAN, M.; JHA, P. K.; TAVAKOLI, J.; DARAEI-GARMAKHANY, A.; XANTHAKIS, E.; LE-BAIL, A. Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage. **Journal of Food Engineering**, v. 255, p. 50–60, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.011>.

DANG, D. S.; F. BUHLER, J. F.; STAFFORD, C. D.; TAYLOR, M. J.; SHIPPEN, J. S.; DAI, X.; ENGLAND, E. M.; MATARNEH, S. K. Nix Pro 2 and Color Muse as potential colorimeters to assess color in foods. **LWT**. v. 147, 111648, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111648>.

DEGNER, B. M.; CHUNG, C.; SCHLEGEL, V.; HUTKINS, H.; MCCLEMENTS, D. J. Factors Influencing the Freeze- Thaw Stability of Emulsion- Based Foods. **Food Science and Food Safety**. v.13, n. 2, p. 98-113, 2014. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.1205>.

DEMPSEY, P.; BANSAL, P. The art of air blast freezing: Design and efficiency considerations. **Applied Thermal Engineering**, v. 41, p. 71-83, 2012. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2011.12.013.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**. v. 17, n. 1, p. 25-39, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00120-5)

DICKINSON, E. Strategies to control and inhibit the flocculation of protein-stabilized oil-in-water emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 96, p. 209-223, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.021>.

EVANS, M.; RATCLIFFE, I., WILLIAMS, P. A. Emulsion stabilisation using polysaccharide–protein complexes. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, v. 18, n. 4, p. 272-282, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2013.04.004>.

FARIA, S.; PETKOWICZ, C. L. O.; MORAIS, S. A. L.; TERRONES, M. G. H.; RESENDE, M. M.; FRANÇA, F. P.; CARDOSO, V. L. Characterization of xanthan gum produced from sugarcane juice. *Carbohydrate Polymers*, v. 86, n. 2, 15, p. 469-476, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.04.063>.

FARIAS, L. **Confeitaria nacional: conceitos, receitas, tendências**. In: *Bolos tradicionais*. 1 ed. São Paulo: LM Editora, 2011, cap. 1, p. 18.

FDA. Food and Agriculture Organization. **Code of Federal Regulations Title 21**. Cheeses and related cheese products. 2019. Disponível: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcr/CFRSearch.cfm?fr=133.133>. Acesso em: 01 jul 2020.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008, 13-15 p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**, 9. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2008, 153 p.

FREDRICK, E.; WALSTRA, P.; DEWETTINC, K. Factors governing partial coalescence in oil-in-water emulsions. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 153, n. 1–2, p. 30-42, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2009.10.003>.

FUNAMI, T. Next target for food hydrocolloid studies: Texture design of foods using hydrocolloid technology. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 8, p. 1904-1914, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.03.010>.

FUNAHASHI, H.; YOSHIDA, T.; TAGUCHI, H. Effect of glucose concentrations on xanthan gum production by *Xanthomonas campestris*. **Journal of Fermentation Technology**, v. 65, n. 5, p.603-606, 1987. [https://doi.org/10.1016/0385-6380\(87\)90124-5](https://doi.org/10.1016/0385-6380(87)90124-5).

GABER, S. M; JOHANSEN, A. G; SCHÜLLER, R. B; DEVOLD, T. G; RUKKE, E. O; SKEIE, S. B. Effect of freezing temperatures and time on mineral balance, particle size, rennet and acid coagulation of casein concentrates produced by microfiltration. **International Dairy Journal**. v. 101, 104563, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104563>.

GAO, W.; HUANG, Y.; ZENG, X.; BRENNAN, M. A. Effect of soluble soybean polysaccharides on freeze-denaturation and structure of myofibrillar protein of bighead carp surimi with liquid nitrogen freezing. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 135, p. 839-844, 2019. <https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.186>

GARCÍA-OCHOA, F; CASAS, J. A. Apparent yield stress in xanthan gum solutions at low concentrations The Chemical Engineering Journal and the Biochemical Engineering Journal, v.53, n. 3, p. B41- B46, 1994.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery and properties. **Biotechnology Advances**, v.18, n. 7, p.549-579, 2000. [https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0734-9750\(00\)00050-1](https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0734-9750(00)00050-1).

GEORGE. R. M. Freezing processes used in the food industry. **Trends in Food Science and Technology**, v. 4, n 5, p. 134-138, 1993. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(93\)90032-6](https://doi.org/10.1016/0924-2244(93)90032-6).

GISSLEN, W. **Panificação e confeitaria profissional**. In: Cremes, pudins, musses e suflês. 1 ed. Barueri/SP: Manole, 2011, cap. 20. p. 528 -529.



GOFF, H. D. Instability and Partial Coalescence in Whippable Dairy Emulsions. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 10, p. 2620–2630, 1997. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76219-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76219-2).

GÓMEZ, M.; RUIZ, E.; OLLETE, B. Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 911-916, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.037>.

GONZÁLEZ-MARTÍN, M. I.; VIVAR-QUINTANA, A. M.; REVILLA, I.; SALVADOR-ESTEBAN, J. The determination of fatty acids in cheeses of variable composition (cow, ewe's, and goat) by means of near infrared spectroscopy. **Microchemical Journal**, v. 156, 104854, 2020. <https://doi-org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.microc.2020.104854>.

GRAM, L.; RAVN, L.; RASCHA, M.; BRUHN, J. B.; CHRISTENSEN, A.; GIVSKOV, M. Food spoilage interactions between food spoilage bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 78, n. 1–2, p. 79-97, 2002.

GUTIERREZ, M. M.; MELEDDU, M.; PIGA, A. Food losses, shelf life extension and environmental impact of a packaged cheesecake: A life cycle assessment. **Food Research International**, v. 91, p. 124-132, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.031>

GYAWALI, R.; IBRAHIM, S. A. Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. **Trends in Food Science Technology**, v. 56, p. 61-76, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.013>.

HABIBI, H.; KHOSRAVI-DARANIB, K. Effective variables in the production and structure of xanthan gum and its food applications: a review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 10, p. 130-140, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.02.013>.

HAIYING, W.; SHAOZHI, Z.; GUANGMING, C. Experimental study on the freezing characteristics of four kinds of vegetables. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 6, p. 1112-1116, 2007.

HARDER, M. N. C.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. Quantitative evaluation by a digital colorimeter of the color of the egg of laying hens fed with annatto (*Bixa orellana*). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 102, n.563-564, p. 339-342, 2007.

HASGUCMEN, C. K.; SENGUN, I. Y. Viability of the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* and its impact on the sensory properties of cheesecake during storage at  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **LWT. Food Science and Technology**, v.134, 109967, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109967>.

HEW, C. L.; YANG, D. S. C. Protein interaction with ice. **European Journal of Biochemistry**, v. 203, n. 1-2, 1992. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1992.tb19824.x>.

HUANG, L.; LIU, Q.; XIA, X.; KONG, B; XIONG, Y. L. Oxidative changes and weakened gelling ability of salt-extracted protein are responsible for textural losses in dumpling meat fillings during frozen storage. **Food Chemistry**, v. 185, p. 459-469, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.025>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4° ed, 1° ed. digital. São Paulo, 2008.

ISLAM, N.; ZHANG, M.; FANG, Z.; SUN, J. Direct contact ultrasound assisted freezing of mushroom (*Agaricus bisporus*): Growth and size distribution of ice crystals **International Journal of Refrigeration**, v.57, p. 46-50, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.04.02>.

JANI, G. K.; SHAH, D. P.; PRAJAPATIA, V. D.; JAIN, V.C. Gums and mucilages: versatile excipients for pharmaceutical formulations. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.4, n. 5, p. 308-322, 2009.

JAVANBAKHT, S.; SHAABANI, A. Carboxymethyl cellulose-based oral delivery systems. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 133, p. 21-29, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.079>.

JHA, P. K.; XANTHAKIS, E.; JURY, V.; HAVET, M.; LE-BAIL, A. Advances of electro-freezing in food processing. **Current Opinion in Food Science**, v. 23, p. 85–89, 2018.

JIA, C; HUANG, W.; JI, L.; ZHANG, L.; LI, N.; LI, Y. Improvement of hydrocolloid characteristics added to angel food cake by modifying the thermal and physical properties of frozen batter. **Food Hydrocolloids**, v. 41, p. 227-232, 2014.

KATSUKI, K.; MIYAGAWA, Y.; NAKAGAWA, K.; ADACH, S. Dispersion stability of o/w emulsions with different oil contents under various freezing and thawing conditions. **Journal Food Science**, v.82, n. 7, p. 1569-1573, 2017. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13764>.

KIANI, H.; SUN, D. W. Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 22, p. 407- 426, 2011. doi: 10.1016/j.tifs.2011.04.011.

KLJAJEVIC, N. V.; JOVANOVIC, S. T.; MILORADOVIC, Z. N.; MACEJ, O. D.; VUCIC, T. R.; ZDRAVKOVIC, I. R. Influence of frozen storage period on the coagulation properties of goat milk. **Internacional Jornal Dairy**, v. 58, p. 36-38, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.12.008>.

KOBAYASHIA, R.; KIMIZUKA, N.; WATANABEA, M.; SUZUKIA, T. The effect of supercooling on ice structure in tuna meat observed by using X-ray computed tomography. **International Journal of Refrigeration**, v. 60, p. 270-277, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.07.011>.

KONO, S.; KON, M.; ARAKI, T.; SAGARA, Y. Effects of relationships among freezing rate, ice crystal size and color on surface color of frozen salmon fillet. **Journal of Food Engineering**, v. 214, p. 158-165, 2017.

KRONDL, M. Sweet invention: a history of dessert. 1° ed, Illinois/Chicago: **Chicago Review Press**, 2011.

KUMAR, A.; DEEPAK; SHARMA, S.; SHERE AFGAN, S.; RAJESH KUMAR, R.; KESHARI, A. K.; SRIVASTAVA, R. Development of graft copolymer of carboxymethylcellulose and N-vinylcaprolactam towards strong antioxidant and antibacterial

polymeric materials **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 112, p. 780-787, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.030>.

LAM, R. S. H.; NICKERSON, M. T. Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure–function approach **Food Chemistry**, v. 141, n. 2, p. 975-984, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.038>.

LE-BAIL, A.; CHAPLEAU, N.; LAMBALLERIE, M. A.; VIGNOLLE, M. Evaluation of the mean ice ratio as a function of temperature in a heterogeneous food: application to the determination of the target temperature at the end of freezing. **International Journal of Refrigeration**, v. 31, n. 5, p. 816-821, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2007.11.003>.

LEBERSORGER, S.; SCHNEIDER, F. Food loss rates at the food retail, influencing factors and reasons as a basis for waste prevention measures. **Waste Management**, v. 34, n. 11, p. 1911-1919, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.06.013>.

LEE, M. H.; BAEK, M. H.; CHA, D. S.; PARK, H. J.; LIM, S.T. Freeze–thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. **Food Hydrocolloids**, v. 16, n. 4, p. 345-352, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00107-2](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00107-2).

LI, B.; SUN, D.W. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods—a review. **Journal of Food Engineering**, v. 54, n. 3, p. 175-182, 2002. [https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0260-8774\(01\)00209-6](https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0260-8774(01)00209-6).

LI, B.; SUN, D.W. Effect of power ultrasound on freezing rate during immersion freezing of potatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 3, p. 277-282, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00102-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00102-4).

LI, D.; ZHU, Z.; SUN, D. W. Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v.75, p. 46-55, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.019>.

LI, J. M.; NIE, P. S. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 46 a 61, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.035>.

LIU, J.; XU, B. A comparative study on texture, gelatinisation, retrogradation and potential food application of binary gels made from selected starches and edible gums. **Food Chemistry**, v. 296, p. 100-108, 30, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.193>

LUO, W; SUN, DW; ZHU, Z; WANG, Q. J. Improving freeze tolerance of yeast and dough properties for enhancing frozen dough quality - A review of effective methods. **Trends in Food Science and Technology**. v. 72, p. 25-33, 2018.

MAHMOOD, K.; KAMILAH, H.; SHANG, P. L.; SYAZANA SULAIMAN, S.; ARIFFIN, F.; ALIAS, A. K. A review: Interaction of starch/non-starch hydrocolloid blending and the recent food applications. **Food Bioscience**, v. 19, p. 110-120, 2017.

MCCLEARY, B. V.; CLARK, A. H.; DEA, I. C.; REES, D. A. The fine structures of carob and guar galactomannans. **Carbohydrate Search**, v. 139, p. 237-260, 1985. [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(85\)90024-2](https://doi.org/10.1016/0008-6215(85)90024-2).

MCCLEMENTS, D. J. Food Emulsions. Principles, practices, and techniques. In: **Context and Background**, 3 ed, Taylor and Francis Group, 2015, cap. 1, p.

MEZA, B. E.; VERDINI, R. A.; RUBIOLO, A. C. Effect of freezing on viscoelastic behavior during ripening of a low-fat commercial soft cheese. **International Dairy Journal**, v. 21, n. 5, p. 346-351, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.12.003>

MILDE, L. B.; CHIGAL, P. S.; OLIVERA, J. E.; GONZÁLEZA, K. G. Incorporation of xanthan gum into gluten-free pasta with cassava starch. Physical, textural and sensory attributes. **LWT**, v. 131, 109674, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109674>.

MONDAL, M. I. H.; YEASMIN, M. S. Toxicity study of food-grade carboxymethyl cellulose synthesized from maize husk in Swiss albino mice. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 92, p. 965-971, 2016. [https://doi-org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ijbiomac.2016.08.012](https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ijbiomac.2016.08.012)

MOREIRA, R. V.; COSTA, M. C.; LIMA, R. S.; CASTRO, V. S.; MUTZ, Y. S.; ROSARIO, A. I. L.; DELGADO, K. F.; MANO, S. B.; CONTE, C. A. J. Synergistic effect of pequi waste extract, UV-C radiation and vacuum packaging on the quality characteristics of goat Minas Frescal cheese with sodium reduction. **LWT**, v. 147, 111523, 2021. <https://doi-org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.lwt.2021.111523>.

NĂSTASE, G.; PEREZ, P. A.; ȘERBAN, A.; DOBROVICESCU, A.; CMARIANA-FLORENTINA ȘTEFĂNESCU, M. F.; RUBINSKY, B. Advantages of isochoric freezing for food preservation: a preliminary analysis. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 78, p. 95-100, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.08.026>.

PANG, Z.; DEETH, H.; PRAKASH, S.; BANSA, N. Development of rheological and sensory properties of combinations of milk proteins and gelling polysaccharides as potential gelatin replacements in the manufacture of stirred acid milk gels and yogurt **Food Engineering Magazine**, v. 169, p. 27-37, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.007>.

PAXIMADA, P.; HOWARTHI, M.; DUBEYI, B. N. Double emulsions fortified with plant and milk proteins as fat replacers in cheese. **Journal of Food Engineering**, v. 288, 110229, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110229>.

POUDYAL, R. L.; KOBAYASHI, R.; SUZUKI, T.; WATANABE, M. Effect of different freezing and storage condition on the physical properties of protein coagulum (Firm Tofu). **International Journal of Refrigeration**, v. 107, p. 11-19, 2019.

PRIYADARSHI, R.; KUMAR, B.; RHIM, J. W. Green and facile synthesis of carboxymethylcellulose/ZnO nanocomposite hydrogels crosslinked with Zn<sup>2+</sup> ions. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 162, p. 229-235, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.155>.

QIU, L.; ZHANG, M.; CHITRAKAR, B.; BHANDARIE, B. Application of energy ultrasound in freezing and thawing processes: effect on process efficiency and product quality. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 68, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105230>.

ROSALAM, S.; INGLATERRA, R. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas comprestris* sp. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 39, n. 2, p. 197-207, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.10.019>.

ROSS, A. I. V.; TYLER, P.; BORGOGNONE, G.; ERIKSEN, B. M. Relationships between shear rheology and sensory attributes of hydrocolloid-thickened fluids designed to compensate for impairments in oral manipulation and swallowing. **Journal of Food Engineering**, v. 263, p. 123-131, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.05.040>.

SAHIN, H.; OZDEMIR, F. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. **Food Hydrocolloids**, v. 18, ed. 6, p. 1015-1022, 2004.

SCHUBERT, H.; ENGEL, R. Product and Formulation Engineering of Emulsions **Chemical Engineering Research and Design**, v.82, n. 9, p. 1137-1143, 2004. <https://doi.org/10.1205/cerd.82.9.1137.44154>.

SHARMA, M.; KRISTO, E.; CORREDIG, M.; DUIZER, L. Effect of hydrocolloid type on the texture of pureed carrots: rheological and sensory measures. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 478-487, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.040>

SHARMA, G. SHARMA, S.; KUMAR, A.; AL-MUHTASEB, A.; NAUSHAD, M.; GHFAR, A. A.; MOLA, G. T.; STADLER, F. J. Guar gum and its compounds as potential materials for diverse applications: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 199, p. 534-545, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.07.053>.

SHI, X.; BEMILLER, J. N. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. **Carbohydrate Polymers**, v. 50, n. 1, p. 7-18, 2002. [https://doi-org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0144-8617\(01\)00369-1](https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0144-8617(01)00369-1).

SHOBHA, M. S.; THARANATHAN, R. N. Rheological behavior of pullulanase-treated guar galactomannan on xanthan co-gelation. **Food Hydrocolloids**, v.23, n. 3, p. 749-754, 2009.

SINGH, SHELLY. **Hydrocolloids Market**. Market and Market, 2019. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/hydrocolloid.asp>. Acesso em: 26 de outubro de 2019.

SITTIKIYOTHIN, W.; TORRES, D.; GONÇALVES, M. P. Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, n. 3, p. 339-350, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.10.005>.

SKRYPLONEK, K.; HENRIQUES, M.; GOMES, D.; VIEGAS, J.; FONSECA, C.; PEREIRA, C.; DMYTRÓW, I.; MITUNIEWICZ-MAŁEK, A. Characteristics of lactose-free frozen yogurt with  $\kappa$ -carrageenan and cornstarch as stabilizers. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 9, p.7838-7848, 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16556>

SOWMYA, M.; JEYARANI, T.; JYOTSNA, R.; INDRANI, D. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n.7. p. 1827-1836, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.02.008>.

STANLEY, D. W.; GOFF, H. D.; SMITH, A. K. Texture-structure relationships in foamed dairy emulsions. **Food Research International**, v. 29, n. 1, p. 1-13, 1996. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(95\)00063-1](https://doi.org/10.1016/0963-9969(95)00063-1).

STINCO, C. M.; FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, R.; HEREDIA, F. J.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J; VICARIO, I. M. Bioaccessibility, antioxidant activity and color of carotenoids in deep-frozen orange juices: Influence of thawing conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 53, n. 2, p. 458-463, 2013.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8).

TÁRREGA, A.; COSTELL, E. Colour and consistency of semi-solid dairy desserts: Instrumental and sensory measurements. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 2, p. 655-661, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.003>.

THOMBARE, N.; JHA, U.; MISHRA, S.; SIDDIQUIA, M. Z. Guar gum as a promising starting material for several applications: a review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 88, p. 361-372, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.04.001>.

TRIBST, A. A. L.; FALCADE, L. T. P.; RIBEIRO, L. R; LEITE JÚNIOR, B. R. C.; OLIVEIRA, M. M. Impact of extended refrigerated storage and combination of freeze/thaw storage on the physicochemical and microstructural characteristics of whole and skim raw sheep milk. **International Dairy Journal**, v. 94, p. 29-37, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.013>.

TRIBST, A. A.; FALCADE, L. T. P.; CARVALHO, N. S.; LEITE JUNIOR, B. R .C.; OLIVEIRA, M. M C. Using agitation and homogenization to improve the fermentation profile and physicochemical characteristics of fresh, refrigerated and frozen/thawed sheep's milk yoghurt. **LWT- Food Science and Technology**, v. 130, 109557, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109557>.

TUNICK, M. H. Rheology of Dairy Foods that Gel, Stretch, and Fracture. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 8, p. 1892–1898, 2000. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75062-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75062-4).

VALENCIA, M. S.; SALGADO, S. M.; ANDRADE, S. A. C.; PADILHA, V. M; LIVERA, A. V. S.; STAMFORD, T. L. M. Development of creamy milk chocolate dessert added with fructo-oligosaccharide and *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 81. **LWT - Food Science and Technology**, v.69, p. 104-109, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.039>.

VALENTAA, T.; LAPOÍKOVÁA, B.; LAPCÍK, L. Determination of kinetic and thermodynamic parameters of food hydrocolloids/water interactions by means of thermal analysis and viscometry. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v.555, p. 270–279, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.07.009>.

VIEBKE, C.; AL-ASSAF, S.; PHILLIPS, G. O. Food hydrocolloids and health claims. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibers**, v. 4, n. 2, p. 101-114, 2014.

VIEIRA, T. A. **Desenvolvimento de sobremesa láctea simbiótica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos), Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, São Paulo, 2011.

WANGLER, J.; KOHLUS, R. Development and validation of methods to characterize rehydration behavior of food hydrocolloids. **Food Hydrocolloids**, v. 82, p. 500-509, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.018>.

WEI, Q.; WANG, X.; SUN, DW.; PU, H. Rapid detection and control of psychrotrophic microorganisms in refrigerated foods: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 453-464, 2019.

WEI, Z.; ZHU, P.; HUAN, Q. Investigation of ovotransferrin conformation and its complexation with sugar beet pectin. **Food Hydrocolloids**, v. 87, p. 448-458, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.036>.

WENDORFF, W. L. Freezing Qualities of Raw Ovine Milk for Further Processing. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 74-78, 2001. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70200-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70200-7)

YASIN, N. M. N.; SHALABY, S. M. Physiochemical and sensory properties of functional low-fat cheesecake manufactured using cottage cheese. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 58, n.1, p. 61-67, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2013.01.009>.

YULIARTI, O.; MEI, K. H.; TING, Z. K. X.; YI, K. Y. Influence of combination carboxymethylcellulose and pectin on the stability of acidified milk drinks. **Food hydrocolloids**, v. 89, p. 216-223, 2019.

YOUSSEF, A. M.; EL-SAYED, S. M.; EL-SAYED, H. S.; SALAMA, H. H.; DUFRESNE, A. Enhancement of Egyptian soft white cheese shelf life using a novel chitosan/carboxymethyl cellulose/zinc oxide bionanocomposite film. **Carbohydrate Polymers**, v. 151, p. 9-19, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.023>.

ZEYNALI, M.; NAJI-TABASI, S.; FARAHMANDFAR, R. Investigation of basil (*Ocimum bacilicum* L.) seed gum properties as Cryoprotectant for Frozen Foods. **Food Hydrocolloids**, v. 90, p. 305-312, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.034>.

ZHANG, R. H.; MUSTAFA, A. F.; K.F. KWAI-HANG, N. G.; ZHAO, X. Effects of freezing on the composition and fatty acid profiles of sheep's milk and cheese. **Small Ruminant Research**, v. 64, n. 3, p. 203-210, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.025>.

ZHU, Z.; ZHOU, Q.; SUN, D. W. Measuring and controlling ice crystallization in frozen foods: A review of recent developments. **Trends in Food Science and Technology**, v. 90, p. 13 - 25, 2019.

## APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa sobre “Efeito do congelamento sobre as características de sobremesa láctea tipo *cheesecake*”. Sua participação será na análise sensorial através do método de aceitabilidade de produtos alimentícios e avaliação de atributos sensoriais de alimentos com adição de hidrocoloides e submetidos ao congelamento. O projeto é de responsabilidade da pesquisadora Ana Paula Alves da Silva.

O *cheesecake* é uma sobremesa que necessita de refrigeração, e o tempo de prateleira é pequeno por ser bastante instável. O congelamento evita a deterioração do *Cheesecake*, e também otimiza tempo de produção e evita desperdício.

O motivo que leva a estudar é que o congelamento é um método seguro, efetivo, inibe o crescimento de microrganismos e reduz reações de degradação. Apesar dos seus benefícios, sabe-se que pode causar alterações na estrutura celular do alimento e devido a isso traz danos ao produto, alterando textura, cor e sabor. Esta pesquisa justifica-se também devido a necessidade de novas alternativas para minimizar esses problemas de congelamento.

Os hidrocoloides são agentes estabilizadores, como, goma xantana, guar, arábica, carboximetilcelulose, gelatina. São usados para manter propriedades nos alimentos, mas não há informações do uso destes agentes para o uso em *cheesecake*.

A sua participação na pesquisa ocorrerá em 1 encontro no laboratório de análise sensorial do CEPA – Centro de Pesquisa em Alimentação, na Universidade de Passo Fundo, com duração aproximada de 30 minutos para cada julgador.

Você receberá amostras de *cheesecake* assado (normal e previamente submetidos ao congelamento) e avaliará a aceitabilidade e os parâmetros sensoriais delas.

Os *cheesecakes* desenvolvidos possuem em sua formulação cream cheese, açúcar, ovos, leite, creme de leite fresco, amido, limão, essência de baunilha, biscoito, manteiga. Se você possuir intolerância ou alergia a qualquer um dos ingredientes, você não poderá participar da pesquisa.

Os riscos de sua participação são mínimos. Caso você apresente evidência de qualquer tipo de desconforto, o pesquisador se comprometerá em solicitar auxílio e/ou encaminhá-lo para outros profissionais.

Os benefícios de sua participação são indiretos, relacionados á obtenção de conhecimento para o desenvolvimento de produtos e processos com melhor qualidade sensorial.

Você não terá custos para a realização da análise, assim como não receberá pagamento pela sua participação. Você terá a garantia de receber esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. Sua participação não é obrigatória, e, portanto, tem caráter voluntário. Assinar o TCLE não quer dizer que você não tenha direito a indenização caso sintá- se lesado. Você poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, retirando seu consentimento sem qualquer prejuízo. Os dados relacionados à sua identificação não serão divulgados. Os resultados da pesquisa serão divulgados, mas você terá a garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados.

Caso você tenha dúvidas sobre o comportamento dos pesquisadores e caso se considera prejudicado (a) na sua dignidade e autonomia, você pode entrar em contato com o responsável pelo projeto, Ana Paula Alves da Silva – (49) 99900-8120), ou com o Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) (54-3316-8171), ou também pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da UPF, pelo telefone (54) 3316-8157, no horário das 8h às 12 horas e das 13h30min às 17h30min, de segunda a sexta-feira, no endereço Campus I - BR 285, Bairro São José - CEP 99052-900, Passo Fundo/RS.

Dessa forma, se você concorda em participar da pesquisa como consta nas explicações e orientações acima, coloque seu nome no local indicado abaixo. Desde já, agradecemos a sua colaboração e solicitamos a sua assinatura de autorização neste termo, que será também assinado pelo pesquisador responsável em duas vias, sendo que uma ficará com você e outra com o pesquisador.

Passo Fundo, \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Nome do (a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome do pesquisador: Ana Paula Alves da Silva

Assinatura: \_\_\_\_\_



## APÊNDICE B - FICHA DO TESTE DE ACEITABILIDADE E CATA

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Amostra: \_\_\_\_\_

Você está recebendo uma amostra do *cheesecake*. Por favor, prove a amostra e indique sua opinião para cada parâmetro de acordo com a escala a baixo.

9 – Gostei muitíssimo	Aparência: _____
8 – Gostei muito	Cor: _____
7 – Gostei moderadamente	Sabor: _____
6 – Gostei ligeiramente	Textura _____
5 – Nem gostei/ nem desgostei	Impressão Global: _____
4 – Desgostei ligeiramente	
3 – Desgostei moderadamente	
2 – Desgostei muito	
1 – Desgostei muitíssimo	

Comentários: \_\_\_\_\_

### CATA- CHEQUE TUDO O QUE SE APLICA AO PRODUTO

**Marque com “X” todas as opções que você considera adequada para descrever o produto**

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Recheio cremoso                     | <input type="checkbox"/> Recheio amarelo escuro    |
| <input type="checkbox"/> Recheio pastoso                     | <input type="checkbox"/> Gosto ácido               |
| <input type="checkbox"/> Gosto doce                          | <input type="checkbox"/> Aparência cremosa         |
| <input type="checkbox"/> Recheio gorduroso                   | <input type="checkbox"/> recheio com odor a queijo |
| <input type="checkbox"/> Massa crocante                      | <input type="checkbox"/> Aparência consistente     |
| <input type="checkbox"/> Gosto de velho                      | <input type="checkbox"/> Gosto ranço               |
| <input type="checkbox"/> Cristais de gelo                    | <input type="checkbox"/> Sabor desagradável        |
| <input type="checkbox"/> Recheio homogêneo                   | <input type="checkbox"/> Recheio gelatinoso        |
| <input type="checkbox"/> Recheio cor amarelo claro           | <input type="checkbox"/> Massa pouco crocante      |
| <input type="checkbox"/> Recheio aerado                      | <input type="checkbox"/> Massa úmida               |
| <input type="checkbox"/> Líquido saindo do <i>cheesecake</i> |  |

## APÊNDICE C - ESQUEMA DE RANDOMIZAÇÃO

### PROCEDIMENTO DE ANÁLISE SENSORIAL

Código	Amostra
A	Formulação Padrão
B	Formulação CMC
C	Formulação Guar
D	Formulação Xantana

PANELISTA	RANDOMIZAÇÃO				
1	ABCD	134	247	383	683
2	ABDC	296	382	516	455
3	ACBD	381	831	182	747
4	ACDB	452	453	258	517
5	ADBC	514	957	687	259
6	ADCB	685	515	454	384
7	BACD	749	686	746	840
8	BADC	837	745	839	957
9	BCAD	956	907	958	908
10	BCDA	182	217	194	219
11	BDAC	216	392	218	394
12	BDCA	391	463	393	465
13	CABD	462	525	464	527
14	CADB	524	696	526	698
15	CBAD	695	755	697	758
16	CBDA	754	896	756	898
17	CDAB	895	967	897	969
18	CDBA	966	912	968	913
19	DABC	121	227	123	229
20	DACB	226	303	228	305
21	DBAC	302	473	304	475
22	DBCA	472	535	474	537

23	DCAB	534	610	536	612
24	DCBA	606	766	611	768
25	ABCD	765	806	767	804
26	ABDC	805	977	825	979
27	ACBD	976	917	978	918
28	ACDB	132	237	134	239
29	ADBC	236	313	238	315
30	ADCB	312	483	314	485
31	BACD	482	545	484	547
32	BADC	544	620	546	622
33	BCAD	619	776	621	778
34	BCDA	795	815	734	817
35	BDAC	814	987	816	989
36	BDCA	986	923	985	643
37	CABD	146	252	148	254
38	CADB	251	323	253	325
39	CBAD	322	493	324	495
40	CBDA	492	565	494	567
41	CDAB	564	630	566	632
42	CDBA	629	786	631	782
43	DABC	785	825	787	827
44	DACB	824	997	826	953
45	DBAC	996	927	998	928
46	DBCA	163	272	165	274
47	DCAB	271	333	273	335
48	DCBA	332	405	334	407
49	ABCD	404	574	406	576
50	ABDC	573	639	575	640