



**ESTADO DA ARTE E ANÁLISE  
BIBLIOMÉTRICA DA SUBSTITUIÇÃO DE  
OVOS EM FABRICAÇÃO DE BOLOS**

**Nathália Carvalho de Vasconcelos**

**Monografia em Engenharia de Alimentos**

**Orientadoras**

**Prof<sup>a</sup> Eveline Lopes Almeida, *D.Sc.***

**Ana Rafaela dos Santos Leal, *M.Sc.***

**Março de 2022**

# **ESTADO DA ARTE E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA SUBSTITUIÇÃO DE OVOS EM FABRICAÇÃO DE BOLOS**

*Nathália Carvalho de Vasconcelos*

Monografia em Engenharia de Alimentos submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado por:

---

**Prof<sup>a</sup> Ana Lúcia Vendramini, D. Sc.**

---

**Prof. Ladimir José de Carvalho, D. Sc.**

---

**Prof<sup>a</sup> Suely Pereira Freitas, D. Sc.**

Orientado por:

---

**Prof<sup>a</sup> Eveline Lopes Almeida, D.Sc.**

---

**Ana Rafaela dos Santos Leal, M.Sc.**

**Rio de Janeiro, RJ - Brasil**

**Março de 2022**

Vasconcelos, Nathália Carvalho.

Estado da arte e análise bibliométrica da substituição de ovos em fabricação de bolos. /

Nathália Carvalho de Vasconcelos. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2022.

x, 60 p.; il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2022.

Orientadoras: Prof<sup>ª</sup>. Eveline Lopes Almeida, *D. Sc.* e Ana Rafaela dos Santos Leal, *M. Sc.*

1. Clara. 2. Gema. 3. Emulsificantes. 4. Monografia (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Eveline Lopes Almeida. 6. Ana Rafaela dos Santos Leal. I. Estado da arte e análise bibliométrica da substituição de ovos em fabricação de bolos.

“Fazei de mim um instrumento de vossa paz.  
Onde houver ódio, que eu leve o amor,  
Onde houver ofensa, que eu leve o perdão.  
Onde houver discórdia, que eu leve a união.  
Onde houver dúvida, que eu leve a fé.  
Onde houver erro, que eu leve a verdade.  
Onde houver desespero, que eu leve a esperança.  
Onde houver tristeza, que eu leve a alegria.  
Onde houver trevas, que eu leve a luz! (...)”  
(Trecho da Oração de São Francisco).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora por sempre intercederem por mim e me fortalecerem para concluir esta etapa da minha vida. Foi uma longa e difícil caminhada, mas sou imensamente grata a Deus por ter tido a oportunidade de estudar nessa Universidade.

Agradeço aos meus pais, Júlio e Lúcia, pelo amor incondicional, por sempre acreditarem em mim, por me incentivarem e serem o meu porto seguro. Agradeço por todos os ensinamentos da vida e por todo o investimento. “Tudo é do pai, toda honra e toda glória, é dele a vitória alcançada em minha vida.” À minha irmã e toda a minha família por todo o apoio e incentivo.

Agradeço ao meu marido, Davi, por me incentivar todas as vezes que me senti desmotivada e pelo apoio de sempre, seja na vida pessoal, profissional ou acadêmica. Obrigada por se dedicar tanto a mim, pela paciência, amor e por conquistarmos juntos tanta coisa ao longo desses anos.

Agradeço muito aos meus queridos professores da UFRJ que me ajudaram a crescer e me incentivaram a trilhar caminhos diferentes. Agradeço especialmente às minhas queridas orientadoras Eveline e Ana Rafaela, que tiveram muita paciência e me ajudaram em todos os momentos que precisei. Sou infinitamente grata por toda a ajuda ao longo desse trabalho que teve várias mudanças.

E não menos importante, agradeço aos meus amigos da vida e da UFRJ, amigos que fiz ao longo desses anos, os quais me incentivaram nos momentos que mais precisei e que me presentearam com as suas amizades. Sou grata pelos momentos inesquecíveis e especiais.

*Nathália Carvalho de Vasconcelos*

Resumo da Monografia apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

## **ESTADO DA ARTE E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA SUBSTITUIÇÃO DE OVOS EM FABRICAÇÃO DE BOLOS**

Nathália Carvalho de Vasconcelos

Março, 2022

Orientadoras: Prof<sup>a</sup>. Eveline Lopes Almeida, *D. Sc.*

Ana Rafaela dos Santos Leal, *M. Sc.*

Devido à preocupação com o meio ambiente, com a exploração animal e com questões de saúde, a sociedade tem reduzido o consumo de animais e produtos de origem animal por novas alternativas apresentadas pela indústria, como os produtos voltados para veganos, vegetarianos, flexitarianos, alérgicos ou pessoas com restrição. Por isso, este estudo teve como objetivo analisar estratégias para a substituição de ovos em *batter e foam cakes*. Esta revisão traz alguns estudos dos últimos vinte anos, pesquisados na base de dados *Web of Science*, que testaram substitutos de ovos nesses bolos, como o gel de chia, *aquafaba* de grão-de-bico, mistura de farinha, isolado proteico ou extrato solúvel de leguminosas com gomas e/ou emulsificantes, entre outros. Além de avaliar os possíveis ingredientes e aditivos que poderiam ser empregados para substituir os ovos nas formulações, avaliou-se também a relação da quantidade de cada substituto em relação à quantidade de ovo e avaliou-se os efeitos positivos e negativos de cada substituto de ovo. Esses estudos explicitaram que é viável a substituição de ovos em bolos mantendo as características físicas e sensoriais do bolo controle, como volume, textura úmida e macia do miolo, aparência e sabor aceitáveis ao consumidor. Portanto, verifica-se que atualmente já existem alternativas tecnológicas cientificamente estudadas que podem ser empregadas para produção de bolos sem ovos.

**Palavras-chave:** clara; emulsificante; gema; goma; hidrocoloide; proteína vegetal.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estimativa de Porcentagem de Vegetarianos e Veganos no Brasil.....	1
Figura 2 – Estruturas dos componentes do ovo.....	5
Figura 3 – Produção de ovos no Brasil por unidades .....	7
Figura 4 – Desenho esquemático de uma instalação de secagem por spray dryer .....	12
Figura 5 – Fluxograma de processamento de ovos.....	13
Figura 6 – Farinha com matriz de glúten enfraquecido e farinha com matriz de glúten fortalecida, medidas por alveógrafo .....	17
Figura 7 – Farinha com glúten enfraquecido e farinha com glúten fortalecido, medidas por farinógrafo .....	18
Figura 8 – Quantidade de artigos por ano contendo as palavras “ <i>cake</i> ” e “ <i>eggless</i> ” no período entre 2007 e 2021 .....	29
Figura 9 – Quantidade de publicações por países contendo as palavras “ <i>cake</i> ” e “ <i>eggless</i> ” no período entre 2007 e 2021 .....	30
Figura 10 – Aparência do bolo controle e do bolo sem ovo.....	38
Figura 11 – Ovo à base de plantas para consumo indireto (à esquerda) e para consumo direto (à direita).....	43

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Composição nutricional de um ovo de galinha inteiro e cru por 100 g de parte comestível.....	6
Tabela 2 – Formulação de um <i>yellow layer cake</i> .....	25



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Venda de bolos industrializados em milhões de toneladas e os respectivos países .....	14
Quadro 2 – Substitutos de ovos em <i>batter cakes</i> .....	35
Quadro 3 – Substitutos de ovos em <i>foam cakes</i> .....	39

# ÍNDICE

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1 OVOS .....	4
<b>3.1.1 Formação e estrutura do ovo de galinha .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.2 Composição das frações .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.3 Produção de ovos .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1.4 Derivados de ovos .....</b>	<b>7</b>
3.1.4.1 <i>Ovos frescos in natura</i> .....	8
3.1.4.2 <i>Ovos refrigerados</i> .....	8
3.1.4.3 <i>Ovos processados</i> .....	9
3.2 BOLOS .....	14
<b>3.2.1 Introdução .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.2 Tipos de bolos.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.3 Ingredientes.....</b>	<b>16</b>
3.2.3.1 <i>Farinha de trigo</i> .....	16
3.2.3.2 <i>Ovos</i> .....	18
3.2.3.3 <i>Açúcar</i> .....	19
3.2.3.4 <i>Gordura</i> .....	19
3.2.3.5 <i>Agentes de levedação</i> .....	21
3.2.3.6 <i>Leite</i> .....	22
<b>3.2.4 Processo de produção de um batter cake .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.5 Processo de produção de um foam cake .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.6 Parâmetros importantes para a avaliação do batido .....</b>	<b>26</b>
3.2.6.1 <i>Gravidade específica</i> .....	26
3.2.6.2 <i>Viscosidade</i> .....	26
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
5.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	29

5.2 SUBSTITUTOS DE OVOS EM <i>BATTER CAKES</i> .....	31
5.3 SUBSTITUTOS DE OVOS EM <i>FOAM CAKES</i> .....	38
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>7 PERSPECTIVAS FUTURAS.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil teve uma grande adesão da população que se declarou vegetariana. Segundo pesquisa do IBOPE Inteligência de abril de 2018 (SVB, 2018), 14% da sociedade declarou-se vegetariana, conforme a Figura 1. Essa estatística cresceu 75% em relação a 2012, quando a população vegetariana representava 8% da população. Atualmente, o Brasil é um dos 10 países com maior número de vegetarianos no mundo (ANGUS e WESTBROOK, 2019; SVB, 2018).

Figura 1 – Estimativa de Porcentagem de Vegetarianos e Veganos no Brasil



Fonte: SVB (2018)

Os vegetarianos dividem-se em três grupos principais: flexitarianos, vegetarianos estritos e veganos. Uma dieta flexitariana é aquela que é principalmente vegetariana com a inclusão ocasional de carne ou peixe; vegetarianos estritos não consomem nenhum tipo de carne, laticínios ou ovos em sua alimentação e os veganos não consomem nada de origem animal em nenhuma área de suas vidas (alimentação, vestuário, produtos de beleza ou qualquer outro tipo de atividade que envolva sofrimento animal). O veganismo é mais uma postura política e não uma dieta (SVB, 2020).

Em virtude disso, o investimento no setor alimentício cresce desde proteínas vegetais até miméticos de carnes, leite e ovos. Segundo o IBOPE Inteligência, cerca de 60% dos brasileiros

declararam que consumiriam mais produtos veganos se tivessem o mesmo preço dos produtos que estão acostumados a consumir (SVB, 2018). A compreensão das tendências da dieta do consumidor e seus tamanhos de mercado podem ajudar as empresas a adaptarem suas ofertas de produtos e a construir estratégias de negócios.

Além disso, há o problema da alergia alimentar. Segundo a Associação Brasileira de Alergia e Imunologia (ASBAI, 2012), cerca de 8% das crianças menores de dois anos e 2% dos adultos sofrem com alguma alergia alimentar no Brasil. Mais de 170 alimentos são considerados potencialmente alérgicos, embora uma pequena parte deles possa causar mais reações: leite, ovos, soja, trigo, amendoim, nozes, peixes e frutos do mar (ASBAI, 2012). Devido a isso, as pessoas precisaram aderir a uma dieta mais restritiva. É necessário desenvolver produtos inovadores para atender ao público geral e às novas demandas, sem perder a qualidade.

A substituição dos ovos nas preparações culinárias é desafiadora, pois o ovo é um alimento multifuncional. Ele apresenta duas partes distintas: a clara e a gema. Além da capacidade de formação de espuma, a albumina, presente na clara, também possui propriedades funcionais de coagulação e aglutinação. A gema do ovo, com estruturas e funcionalidades distintas, contribui como emulsificante, devido à presença da lecitina, e com cor, pela presença de compostos carotenoides (PALAV, 2016; YANG, 2014).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como objetivo geral buscar e avaliar as estratégias empregadas para substituir ovos na formulação de bolos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste estudo foram:

- realizar análise bibliométrica de estudos sobre a substituição de ovos em bolos;
- identificar quais ingredientes podem ser empregados para substituir ovos nas formulações de *batter cake* e *foam cake*;
- avaliar a quantidade do substituto em relação à quantidade de ovo;
- analisar os efeitos positivos e negativos de cada substituto de ovo nas características físicas do batido no processo de produção e características físicas e sensoriais do bolo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 OVOS

Existem variados tipos de ovos, como os ovos brancos de galinha, ovos vermelhos de galinha caipira, ovos vermelhos de galinha de granja, ovos com casca azul, ovos de codorna, ovos de pata, ovos de avestruz, ovos de galinha d'angola, ovos de ema, entre outros. A cor da casca do ovo é influenciada somente pela genética da ave. Os genes que regulam a pigmentação da casca não interferem na composição nutricional dos ovos (ARAUJO e ALBINO, 2011; BRASIL, 1990; FOLGUEIRA, 2019).

Há diversos animais que produzem ovos, mas o ovo de galinha é o mais consumido no Brasil, seguido do ovo de codorna. Os ovos de todas as aves são comestíveis, porém os ovos que não são de galinhas, como os de pombo, não são inspecionados por órgãos sanitários. O ovo de galinha d'angola é o mais consumido na África, porém uma galinha d'angola poedeira produz somente 80 ovos por ano, enquanto uma galinha poedeira colonial pode produzir até 345 ovos por ano (AVILA *et al.*, 2017; FOLGUEIRA, 2019; IBGE, 2021).

Segundo a Portaria nº 1 de 1990 (BRASIL, 1990), entende-se pela designação “ovo” os ovos de galinha em casca, sendo os demais ovos acompanhados da indicação da espécie de que procedem. O ovo faz parte da mesa da maioria dos brasileiros, independentemente da classe social, por ser rico em nutrientes e ser um alimento de baixo custo em relação à carne (BRASIL, 1990).

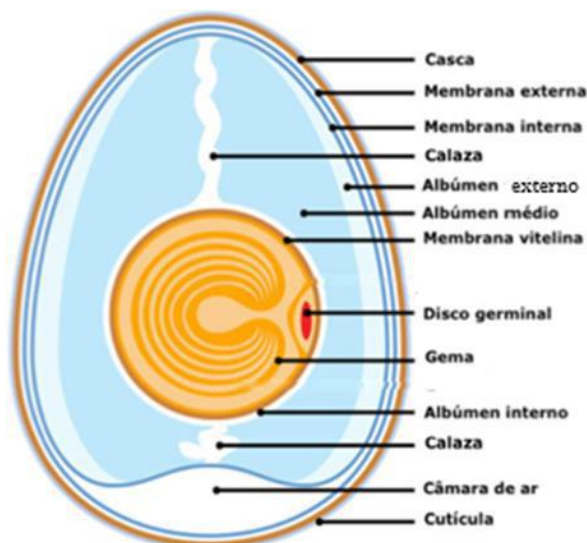
##### 3.1.1 Formação e estrutura do ovo de galinha

Os principais componentes ou elementos estruturais dos ovos de galinha são: casca, clara e gema. Entende-se por gema o produto obtido do ovo desprovido da casca e separado da clara ou albumina e, por clara, o produto obtido do ovo desprovido da casca e separado da gema. A clara é caracterizada por ser um líquido transparente e consiste em uma mistura de proteínas e água. Sua principal proteína é a ovalbumina, equivalente a 50% da proteína total, e possui pH entre 7,6 e 7,9 em ovos recém postos e o pH aumenta para 9,5 em ovos armazenados. Sua principal função é a proteção do embrião, não só física, como também contra o ataque bacteriano. Já a gema possui elevado teor de fosfoproteínas, fosfolipoproteínas e glicoproteínas, carotenoides (xantofila e caroteno) e praticamente todo o conteúdo em vitaminas presentes no

ovo. Possui pH em torno de 6. Sua principal função é a reserva energética e estrutural durante o desenvolvimento do embrião (ARAÚJO *et al.*, 2011; BRASIL, 1990; PHILIPPI, 2006).

O tempo entre a ovulação e a postura do ovo é de aproximadamente 25 horas. Em 30 minutos após a postura, ocorrerá nova ovulação. A Figura 2 apresenta a estrutura do ovo. Ele é composto de: casca, membranas da casca, calazas, albúmen, gema, blastocisto/disco germinativo, membrana vitelínica, câmara de ar e cutícula. A casca funciona como proteção física e tem as funções de proteger o ovo das injúrias mecânicas e contra microrganismos, controlar a troca de gases e suprir o cálcio para o desenvolvimento embrionário; as membranas da casca encontram-se entre a casca e a clara; as calazas são cordões teciduais axiais do albúmen que mantêm a gema no centro do ovo; o blastocisto é uma célula reprodutora que promove o desenvolvimento do embrião; a membrana vitelínica é uma camada que cerca a gema e a protege de rupturas; a câmara de ar é formada no momento da postura e a cutícula tem a função de proteger os poros distribuídos pela superfície da casca (COTTERILL, STADELMAN, 1995; FIGUEIREDO *et al.*, 2021).

Figura 2 – Estruturas dos componentes do ovo



Fonte: Almeida, Rocha e Mateus (2016)

### 3.1.2 Composição das frações

O ovo é composto de proteína de alta qualidade, aminoácidos essenciais, ácidos graxos insaturados – principalmente ácido oleico – minerais e vitaminas A, D, E, B e K, sendo deficiente em vitamina C. A Tabela 1 mostra a composição centesimal, minerais, vitaminas e



colesterol de um ovo de galinha inteiro e cru. A composição de um ovo é de aproximadamente 63% de albúmen, 27,5% de gema e 9,5% de casca. Seus principais componentes são: água (75%), proteínas (12%), lipídeos (12%), além dos carboidratos, minerais e vitaminas (KIOSSEOGLU; PARASKEVOPOULOU, 2014; MAZZUCO, 2008).

Tabela 1 – Composição nutricional de um ovo de galinha inteiro e cru por 100 g de parte comestível

<b>Componente</b>	<b>Composição</b>
Umidade (%)	75,6
Energia (kcal e KJ)	143 e 599
Proteína (g)	13,0
Lipídeos (g)	8,9
Colesterol (mg)	356
Carboidrato (g)	1,6
Fibra alimentar (g)	NA
Cinzas (g)	0,8
Cálcio (mg)	42
Magnésio (mg)	13
Manganês (mg)	Tr
Fósforo (mg)	164
Ferro (mg)	1,6
Sódio (mg)	168
Potássio (mg)	150
Cobre (mg)	0,06
Zinco (mg)	1,1
Retinol (µg)	79
Tiamina (mg)	0,07
Riboflavina (mg)	0,58
Pridoxina (mg)	Tr
Niacina (mg)	0,75

Fonte: Adaptado TACO (2011)

### 3.1.3 Produção de ovos

O consumo de ovos no Brasil, em 2020, foi de 251 unidades por habitante, segundo a Associação Brasileira de Proteção Animal (ABPA, 2021). A produção brasileira tem crescido bastante, em 2020, foi de quase 54 bilhões e grande parte dela é voltada para o mercado interno e as exportações entre janeiro e setembro de 2021 totalizaram 7.329 toneladas. Em relação à produção mundial, segundo os dados da *Food and Agricultural Organization* (FAO), a China é o país que mais produz ovos no mundo (ABPA, 2021; FAO, 2020).

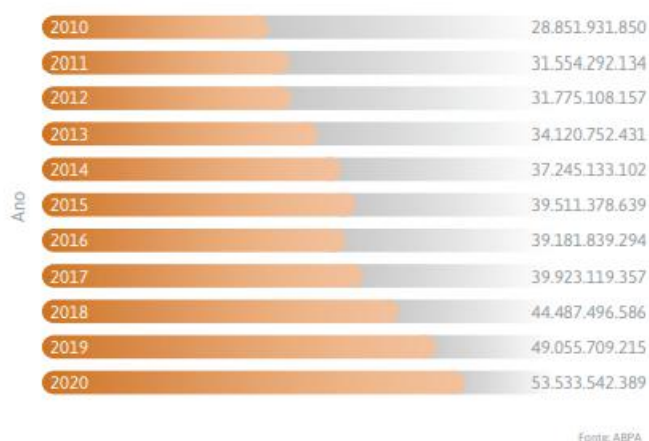
Segundo o IBGE (2018), a instalação agropecuária que se destina à produção de ovos de galinha brasileiros e tem capacidade de alojamento de 10.000 ou mais galinhas poedeiras e/ou matrizeiras, que produzem ovos para qualquer finalidade (consumo ou incubação), fornece

dados trimestralmente sobre a quantidade produzida de ovos de galinha; efetivo de galináceos (galinhas, galos, frangas, frangos e pintos); total de galinhas poedeiras e matrizeiras, incluindo frangas em postura; e causas-código que justificam as possíveis oscilações de produção. Contudo, é feita a divulgação da quantidade da produção de ovos de galinha, a quantidade de galinhas poedeiras e o número de informantes da pesquisa (IBGE, 2018).

Em 2020, a produção de ovos de galinha foi de mais de 53 bilhões de ovos. A cadeia avícola brasileira tem alcançado altos índices de crescimento nesse setor e o país apresenta posição de destaque no mundo. A Figura 3 mostra esse aumento da produção de ovos no Brasil nos últimos 10 anos (ABPA, 2020).

Figura 3 – Produção de ovos no Brasil por unidades

#### Produção Brasileira de Ovos (Unidades)



Fonte: ABPA (2020)

### 3.1.4 Derivados de ovos

Segundo o Decreto nº 9.013 de 2017 (BRASIL, 2017), referente aos padrões de identidade e qualidade de ovos e derivados, classificam-se como derivados de ovos aqueles obtidos por meio do ovo, dos seus componentes ou de suas misturas, após a retirada da casca e das membranas. Esses derivados podem ser nomeados como líquidos, concentrados, pasteurizados, desidratados, liofilizados, cristalizados, resfriados, congelados, ultracongelados, coagulados ou representarem-se através de outras formas empregadas como alimento, de acordo com critérios definidos pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 2017).

Conforme o Decreto nº 10.468 de 2020, os estabelecimentos de ovos e derivados devem garantir procedimentos, como análise geral de limpeza e integridade da casca, ovoscopia, classificação dos ovos e verificação das condições sanitárias e integridade da embalagem. Em razão disso, os ovos passam por ovoscopia, que é a verificação da qualidade do ovo, em que é revelada a condição da casca do ovo através de um foco de luz incidente, dentro de uma câmara escurecida, em movimento rotacional. Após detectar e remover ovos com a casca quebrada, trincada, manchas de sangue e/ou gema rompida, os ovos são classificados em categorias de acordo com a coloração da casca, tamanho (médio, grande, extragrande), qualidade e peso. Depois de classificados, há a divisão entre ovos frescos, ovos refrigerados e ovos processados (BRASIL, 1990; BRASIL, 2020; STADELMAN, 1995).

Os ovos podem ser divididos em: frescos *in natura*, refrigerados e processados, como apresentado nas seções a seguir.

#### **3.1.4.1 Ovos frescos *in natura***

Entende-se como ovo fresco o ovo em casca, na sua forma integral, sem conservação por algum método e que esteja dentro da classificação determinada. Caso seja submetido propositadamente a temperaturas menores que 8 °C, alterará sua designação de fresco, porque a temperatura indicada de ovo fresco está entre 8 e 15 °C e umidade relativa entre 70% e 90%. Possuem a desvantagem de estarem propensos a serem contaminados com *Salmonella* e outros microrganismos patogênicos, como *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* e *Campylobacter*, tanto na casca quanto na clara ou na gema. A contaminação pode ocorrer internamente, durante a formação do ovo, através do trato reprodutor contaminado ou pela penetração da bactéria pela casca, contaminada pela cloaca (BRASIL, 1990; GANTOIS *et al.*, 2009).

#### **3.1.4.2 Ovos refrigerados**

Entende-se como ovo refrigerado o ovo em casca mantido em temperatura de 0 a 1 °C, em câmara com fluxo de ar, com grau higrométrico apropriado e gás inerte. A diferença entre os ovos refrigerados e os ovos frescos é a temperatura e as condições de armazenamento (BRASIL, 1990).

Os ovos frescos e os ovos refrigerados não passam pelo processo de lavagem pois só é recomendado quando haverá a quebra imediata dos ovos, para evitar a retirada da cutícula de proteção que poderá propiciar a contaminação interna através da entrada de microrganismos. Posteriormente, eles passam pelos processos de filtração, estabilização, homogeneização e pasteurização.

#### **3.1.4.3 Ovos processados**

Os ovos processados passam pela lavagem em equipamentos com água aquecida de 35 °C a 45 °C e renovada de forma contínua, não sendo permitida a lavagem de ovos por imersão. Posteriormente, podem ser tratados com solução clorada de 100 a 200 ppm ou solução iodada com 12,5 a 25 ppm e sofrerem enxágue em água pura. Após a lavagem, os ovos podem ser quebrados em salas específicas, com temperatura controlada de, no máximo, 16 °C. A temperatura do ovo na hora da quebra é um ponto crítico de controle. Depois da quebra, eles podem ser divididos em gema, clara ou ovo inteiro líquido, sendo retiradas pelo método de filtração a calaza, as membranas, a casca e outras impurezas, através de peneiras ou filtros. O ovo líquido é bombeado para ser resfriado e depois estocado. Feito isso, é realizada a homogeneização em tanques com agitadores eficientes para não incorporar ar ao produto. Em seguida, ocorre a pasteurização (BRASIL, 1990; STADELMAN, 1995).

A pasteurização de ovo inteiro e gema foi feita pela primeira vez nos anos de 1930, com pequenos pasteurizadores de leite em temperaturas de até 60 °C. Assim, descobriram que a temperatura e o tempo eram parâmetros importantes nesse processo. Posteriormente na Europa, o ovo inteiro líquido foi pasteurizado em um processo industrial contínuo, com um trocador de calor de placas com tubos de retenção para manter uma temperatura de 61 °C, por um mínimo de 3 minutos. Ainda que o objetivo principal não fosse a eliminação de *Salmonella*, as condições tempo-temperatura aplicadas estavam no intervalo de eliminá-la efetivamente de ovos contaminados (CUNNINGHAM, 2013).

Entende-se por pasteurização o uso conveniente do calor com o objetivo final de diminuir a contagem microbiológica e eliminar os microrganismos patogênicos. A pasteurização deve ter início logo após a quebra dos ovos, em um tempo máximo de 72 horas, para impedir a deterioração do produto e mantidos sob refrigeração em uma temperatura de 2° a 5°C. A vantagem desse processo é a segurança alimentar, praticidade no manuseio, padronização das

receitas e evitar o desperdício comparado aos ovos frescos, em relação às cascas quebradas ou aos ovos estragados (BRASIL, 1990; ORDOÑEZ, 2005; PASTORE, *et al.*, 2011).

As proteínas da clara são mais termossensíveis comparadas às da gema, por isso o pH deve ser observado e há requisitos de tempo/temperatura para a pasteurização dos ovos que dependem da característica de cada produto, garantindo a eficiência do processo. O ovo integral possui o requisito mínimo de 60°C e a manutenção dessa temperatura por um período de 3,5 min e a gema 61°C durante 3,5 min. O requisito mínimo de temperatura para a clara do ovo é de 56,7°C por 3,5 min ou 55,5°C por 6 min. A estabilidade máxima das proteínas da clara do ovo, com exceção da conalbumina, ocorre em pH próximo de 7. Com a finalidade de assegurar que não haverá *Salmonella* e bactérias coliformes, a clara do ovo precisa sofrer um pré-tratamento, antes da efetiva pasteurização, com a utilização de solução de sulfato de alumínio e agitação rápida das claras, para evitar a coagulação das proteínas. O pH do albúmen durante a pasteurização deve ser entre 6,6 e 7. O efeito da pasteurização na clara é a perda de boa parte de sua capacidade de formar espuma, além do escurecimento por causa da glicose presente, devido à Reação de *Maillard*, ou seja, o escurecimento não-enzimático. Para evitar a reação de *Maillard*, é utilizado o processo de eliminação de açúcares no ovo, que é feito por meio de fermentação microbiana ou processo enzimático (BRASIL, 1990; CUNNINGHAM, 2013; ORDOÑEZ, 2005).

Os ovos processados podem ser encontrados na forma líquida ou em pó e são classificados como indicado a seguir:

- a) Pasteurizados e resfriados: ovo integral pasteurizado resfriado, gema de ovo pasteurizada resfriada, clara de ovo pasteurizada resfriada e mistura de ovos pasteurizado resfriado.

A temperatura de resfriamento dos ovos líquidos pasteurizados depende do tempo de estocagem. Caso esse tempo seja maior que 8 horas, o produto deverá ser resfriado em temperaturas abaixo de 3°C e caso seja menor que 8 horas, a temperatura de resfriamento deverá ser em torno de 7°C. A venda de produtos líquidos de ovos sob a forma resfriada é lícita quando forem devidamente sujeitos ao processo de pasteurização, exceto as claras de ovos e produtos com mais de 10% de sal adicionado (BRASIL, 1990).

- b) Pasteurizados e congelados: ovo integral pasteurizado congelado, gema de ovo pasteurizada congelada, clara de ovo pasteurizada congelada e mistura de ovos pasteurizado congelado.

Os produtos líquidos de ovos pasteurizados ou não pasteurizados deverão ser, após a quebra dos ovos, congelados até a temperatura de  $-12^{\circ}\text{C}$  ou menos e essa temperatura deve ser aferida no centro do recipiente. Caso não seja pasteurizado o tempo máximo de armazenamento nessa temperatura é de 60 horas. A câmara de estocagem dos produtos líquidos congelados deve estar a  $-18^{\circ}\text{C}$  e, para a gema com adição de sal, deverá ser em torno de  $-23^{\circ}\text{C}$ . O descongelamento deverá ser em câmaras frigoríficas a  $2-3^{\circ}\text{C}$  e, depois de descongelado, deve ser imediatamente processado (BRASIL, 1990).

O congelamento proporciona algumas alterações na clara e gema de ovo. Em baixas taxas de congelamento, altas temperaturas de descongelamento e armazenamento e baixas temperaturas de armazenamento, há a redução da viscosidade do albúmen e a instabilidade da espuma. Já no caso da gema congelada abaixo de  $-6^{\circ}\text{C}$ , a viscosidade aumenta em comparação com a gema original e acontece a gelificação. Porém, é possível reverter parcialmente essa gelificação através do aquecimento da gema descongelada de  $45^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$ , durante 1 hora. Além disso, a gelificação pode ser controlada com a adição de agentes crioprotetores ou enzimas proteolíticas antes do congelamento da gema, cloreto de sódio e sacarose são muito usadas em concentrações de 10% de ambos os ingredientes. Contudo, essa adição restringe a produtos alimentícios específicos (CLINGER *et al.*, 1951; COTERILL, 1995).

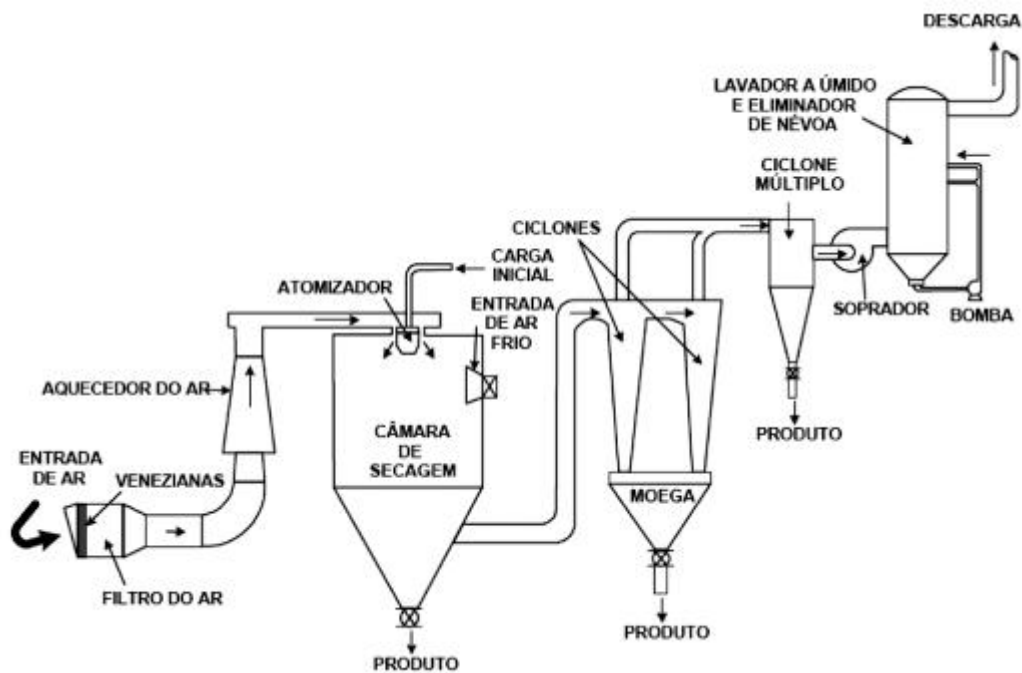
- c) Pasteurizados e desidratados: ovo integral pasteurizado desidratado, gema de ovo pasteurizada desidratada e clara de ovo pasteurizada desidratada.

Sabendo-se que o ovo é muito perecível, mais uma alternativa criada foi o ovo em pó, que é obtido por processo de desidratação do ovo líquido por *spray dryer* ou atomização. A técnica de *spray dryer* é precedida pela quebra do ovo e separação clara-gema (caso seja feita em parte do ovo), filtração e pasteurização, após a desidratação por *spray dryer* é realizado o acondicionamento e estocagem em ambiente com umidade relativa igual ou menor que 75% e temperatura entre  $8^{\circ}\text{C}$  e  $22^{\circ}\text{C}$ . Os ovos em pó possuem algumas vantagens em relação aos ovos *in natura* e aos ovos líquidos porque podem ser armazenados em temperatura ambiente, não são susceptíveis ao crescimento bacteriano, garantem padronização das receitas (controle preciso da quantidade de água na sua formulação), têm uma vida de prateleira maior, um baixo custo de armazenamento e menor espaço de armazenamento, podem ser

facilmente transportados e oferecem baixo custo de transporte (BERGQUIST, 2013; ORDOÑEZ, 2005).

O efeito da desidratação por atomização, com altas temperaturas empregadas, causa alguns danos nas propriedades do ovo, como prejuízo de geleificação, formação de espuma, emulsificação ou o escurecimento do ovo (*reação de Maillard*). A Figura 4 mostra o desenho esquemático de uma instalação de desidratação por *spray dryer*, na qual o elemento central é a câmara de secagem, onde há a evaporação de 95% de água e a passagem do fluxo de ar quente, resultando na formação de ovo em pó (BERGQUIST, 2013; ORDOÑEZ, 2005).

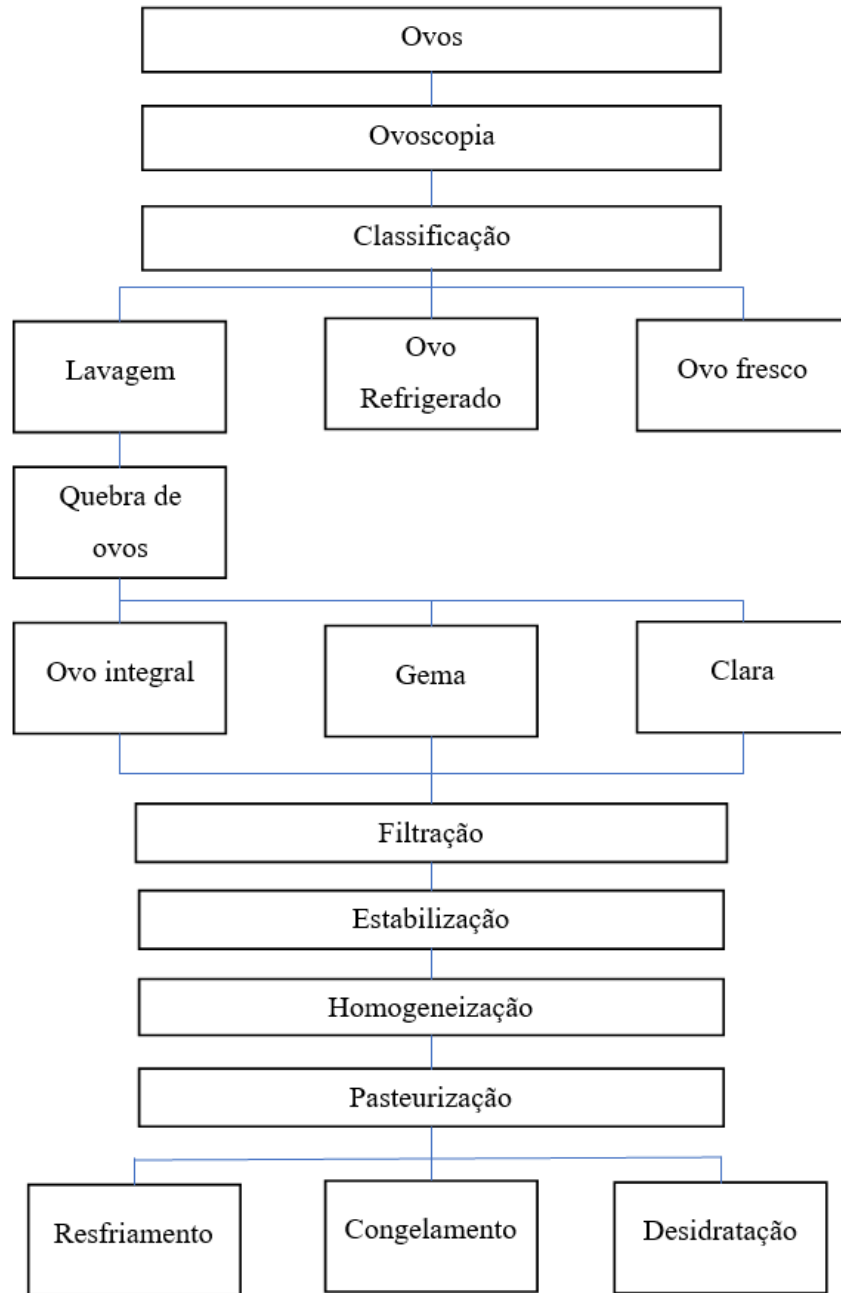
Figura 4 – Desenho esquemático de uma instalação de secagem por *spray dryer*



Fonte: FOUST et al. (1982).

O fluxograma básico do processamento de ovos está representado na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de processamento de ovos



Fonte: Adaptado de Oliveira, Benelli e Amante (2009)



## 3.2 BOLOS

### 3.2.1 Introdução

No dicionário *MICHAELIS*, bolo é definido como “alimento feito à base de farinha, ovos, leite, açúcar, manteiga e fermento, geralmente arredondado, assado ao forno”. É caracterizado por ter um gosto adocicado, textura macia e aerada, sabores e aromas marcantes. Desde os mais simples até os mais sofisticados, os bolos estão presentes em todas as ocasiões especiais e no dia a dia, proporcionando momentos de felicidade para as pessoas e oportunidades para os confeitores. Por serem muito apreciados, os bolos são muito consumidos no Brasil e no mundo (COSTA *et al.*, 2018; PALAV, 2016; MICHAELIS, 2015). O consumo no Brasil é elevado e o país ocupa o 11º lugar no *ranking* de países que consomem bolos industrializados, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI), conforme Quadro 1. Essa classificação não contabiliza os bolos artesanais que são vendidos em todo o Brasil. Segundo a ABIMAPI, em 2020, as vendas totais de pães e bolos industrializados atingiram 9 bilhões de reais e o volume de vendas foi de 652 mil toneladas (ABIMAPI, 2020).

Quadro 1 – Venda de bolos industrializados em milhões de toneladas e os respectivos países

<b>Bolos Industrializados - Vendas (Milhão Tons)</b>				
<b>Top 10</b>	<b>País</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
01º	Estados Unidos	2,058	2,111	2,134
02º	China	1,721	1,824	1,929
03º	Japão	0,637	0,630	0,633
04º	Reino Unido	0,568	0,574	0,580
05º	Itália	0,483	0,489	0,495
06º	Alemanha	0,488	0,488	0,492
07º	França	0,433	0,438	0,444
08º	Turquia	0,354	0,357	0,352
09º	Índia	0,253	0,270	0,287
10º	Rússia	0,273	0,277	0,280
11º	<b>Brasil</b>	<b>0,270</b>	<b>0,274</b>	<b>0,280</b>

Fonte: ABIMAPI (2020)

Registros históricos indicam que a confecção de bolos e tortas existe desde a Antiguidade, porém, é difícil estabelecer a origem da produção de doces no mundo. A origem dos bolos veio com modificações das receitas de pães, por acréscimo de açúcar, frutas, nozes, tâmaras e, na maioria das vezes, mel. Naquele tempo, já preparavam uma massa básica composta de ovos, manteiga, leite, mel e frutas secas (COSTA *et al.*, 2018).

A qualidade de um bolo depende de vários parâmetros, como a escolha de ingredientes e o emprego de sua função. Porém, para transformar em um produto aceitável ao consumidor, é necessário que a formulação do bolo seja balanceada, as medições dos ingredientes precisas e o tempo e a temperatura sejam pré-definidos. Ainda, devido aos diversos tipos de bolos existentes atualmente, a complexidade das formulações de bolos torna-se mais difícil (CONFORTI, 2014).

### 3.2.2 Tipos de bolos

As massas de bolos são preparações que se diferenciam de acordo com a técnica utilizada e com a finalidade de sua montagem. Os tipos de bolos são:

- a) *batter cake*: é o bolo tradicional mais comumente encontrado. Dependem de ovos, farinha e leite para a estrutura e contêm grandes quantidades de gordura e açúcar, resultando numa emulsão de óleo em água aerada e quimicamente levedada. Sua textura depende da incorporação do ar durante a homogeneização da massa e dos ingredientes utilizados, além do fermento químico. Sua característica é ser um bolo com miolo fino e úmido e pode apresentar alto ou baixo volume, dependendo da quantidade de farinha e açúcar em sua formulação. Bolos com estrutura alta apresentam mais açúcar que farinha e bolos de baixo volume têm a quantidade de açúcar igual ou menor que a quantidade de farinha (COSTA *et al.*, 2018; GISSLEN, 2017; PALAV, 2016);
- b) *foam cake*: são considerados como bolo sem gordura, devido à ausência da emulsão óleo em água, precisam da desnaturação e extensão da proteína do ovo para oferecer um bom volume final. São caracterizados pelo batimento das claras e formação de espuma. Seja ovo inteiro ou clara de ovo, o batido deve ser assado imediatamente para não haver a perda de ar e, conseqüentemente, a formação de um bolo denso, com volume baixo. São divididos em *angel food cake*, os quais usam proteínas da clara do ovo para incorporação do ar durante a mistura. O seu aumento de volume se dá pelo ar e vapor, já que as claras contêm uma grande porcentagem de água em sua composição e não é adicionado fermento químico e *sponge cake* (pão de ló), os quais usam ovos inteiros ou gemas (CONFORTI, 2014; GISSLEN, 2017);
- c) *chiffon cake*: foi criado nos Estados Unidos (EUA) em 1948 e é uma mistura entre *batter cake* e *foam cake*. É uma massa aerada que contém açúcar, água (ou suco), ovos

inteiros líquidos, farinha de trigo, essência de baunilha, fermento químico e o ingrediente abundante é o óleo, que lhe garante umidade. Possui um sabor único de uma massa cremosa, sua estrutura é alta, é macio e úmido, leve e aerado, essa aeração se deve ao batimento de grandes quantidades de ovos inteiros, na maioria das vezes enriquecidos com gemas de ovos, resultando em uma estrutura de bolo mais macia (COSTA *et al.*, 2018; PALAV, 2016).

### 3.2.3 Ingredientes

Farinha, açúcar, ovo e gordura são componentes básicos de bolos tipo *batter cake*. A massa cremosa de um bolo do tipo *batter cake* foi desenvolvida com os seguintes ingredientes: farinha de trigo, ovos, açúcar, gordura, leite e fermento químico. Conhecer a funcionalidade de cada ingrediente na formulação do bolo é importante para tentar substituir algum ingrediente ou ajudar a encontrar algum erro durante o preparo (COSTA *et al.*, 2018).

Bolos tipo *foam cake* são divididos entre *angel cake* e *sponge cake*. Os principais ingredientes do *angel cake* são as claras do ovo e o açúcar, a proporção é de 42:42, enquanto a farinha de trigo é coadjuvante pois é usada em menor quantidade. Além disso, também há a adição de sal e um ácido, o ácido é adicionado para estabilizar a espuma, propiciar cor e ajudar na estrutura do bolo. Já o *sponge cake* é produzido com ovos (clara e gema ou ovos inteiros), açúcar, sal, *shortening* e farinha (CONFORTI, 2014).

#### 3.2.3.1 Farinha de trigo

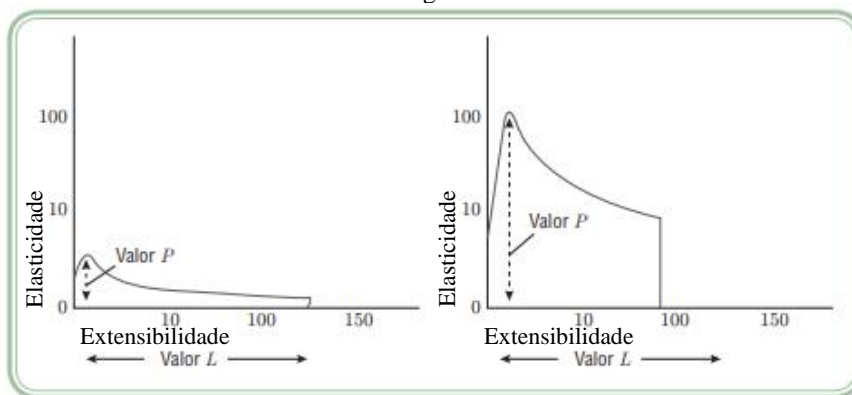
Segundo o Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo, a farinha de trigo é um produto elaborado com grãos de trigo (*Triticum aestivum L.*) ou outras espécies de trigo do gênero *Triticum*, ou combinações por meio de trituração ou moagem e outras tecnologias ou processos. (BRASIL, 2005).

A farinha de trigo é um dos ingredientes mais importantes para a produção de bolos, sua qualidade irá muitas vezes definir o uso e desuso de alguns ingredientes, como o uso de aditivos ou amido. Sua constituição é basicamente amido e proteína. A farinha utilizada em bolos é caracterizada por possuir granulação fina, baixo teor proteico (6-8%) e glúten, aparência branca e alto teor de amido (DAMODARAN, 2010).

A farinha de trigo possui dois tipos de proteínas: as não formadoras de glúten – albuminas – e as formadoras do glúten – glutenina e gliadina. A partir da adição de água e por meio da ação mecânica o glúten é formado, assim ele é capaz de reter o gás durante a fermentação. As frações proteicas do trigo contribuem para as características de extensibilidade, viscoelasticidade e aderência da farinha, determinando assim a utilização para cada tipo de produto em função de sua qualidade. A glutenina contribui para a elasticidade da massa, enquanto as gliadinas são responsáveis pela extensibilidade da massa (DAMODARAN, 2010).

A Figura 6 mostra a comparação entre a farinha com baixo teor de glúten e com alto teor de glúten, avaliadas por alveografia, que é a análise que determina o trabalho ideal para expandir ou estourar uma bolha de massa. A letra P representa a elasticidade da massa, é indicado pela altura máxima da curva, sabendo-se disso, a farinha fraca é a da esquerda da figura, pois tem um baixo valor de P, logo é a ideal para bolos porque apresenta baixa elasticidade. A letra L representa a extensibilidade da massa, antes que a bolha estoure, logo o gráfico da esquerda tem maior extensibilidade (BRANDÃO e LIRA, 2011; COSTA, 2018).

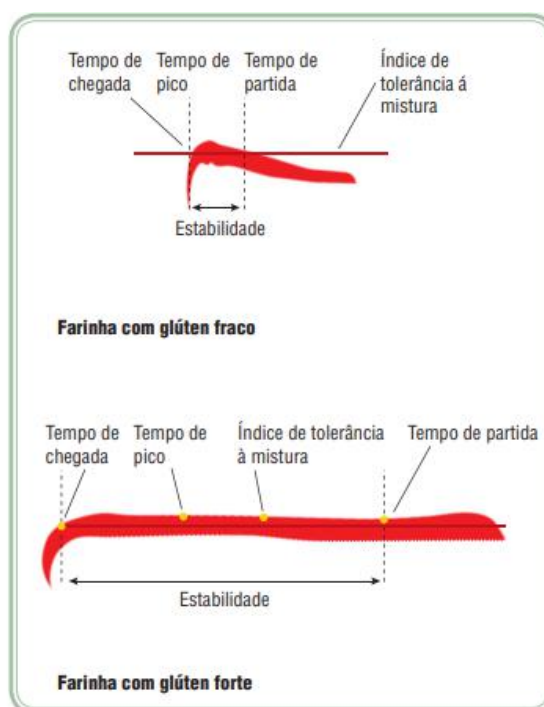
Figura 6 – Farinha com matriz de glúten enfraquecido e farinha com matriz de glúten fortalecida, medidas por alveógrafo



Fonte: Brandão e Lira (2011)

A Figura 7 representa a farinha com a matriz de glúten enfraquecida e glúten fortalecida. A farinha fraca tem um curto tempo de desenvolvimento da massa e baixo grau de estabilidade em relação à farinha ideal para pães. É recomendado o uso de farinhas de trigo com baixo grau de estabilidade para a produção de bolos, porque é um produto que não precisa de um tempo prolongado de mistura. Além disso, o desenvolvimento do glúten confere uma textura resistente e indesejável ao bolo, por isso a farinha deve ter a matriz de glúten enfraquecida para a melhor qualidade do bolo (BRANDÃO e LIRA, 2011).

Figura 7 – Farinha com glúten enfraquecido e farinha com glúten fortalecido, medidas por farinógrafo



Fonte: Brandão e Lira (2011)

A farinha de trigo tem um papel fundamental na construção da estrutura de um *batter cake*, com o amido e os componentes do glúten que promovem a formação dessa estrutura. O bolo produzido com farinha mais fina, apresenta um grande volume, pois quanto maior a superfície de contato, maior é a interação com os outros ingredientes. Por isso, deve-se misturar homogeneamente os ingredientes, com máxima aeração e mínimo de desenvolvimento do glúten (PALAV, 2016).

### 3.2.3.2 Ovos

Os ovos contribuem desde a mistura da massa até os diferentes tempos do cozimento do bolo, pois ajudam no desenvolvimento da estrutura do bolo, textura, cor, umidade e sabor. Seu papel multifuncional origina-se das diferentes propriedades do albúmen e das frações da gema, que são feitos de constituintes de proteínas que diferem em tamanho molecular e flexibilidade estrutural (KIOSSEOGLOU e PARASKEVOPOULOU, 2014).

Os ovos desempenham um papel muito importante no *batter cake*, pois funcionam como agentes emulsificantes, espumantes e formam redes de gel com os ingredientes do batido, garantindo o desenvolvimento das características sensoriais e reológicas do bolo. As gemas dos ovos contribuem na coloração, sabor e maciez do bolo. Elas são excelentes agentes

emulsificantes por causa da presença de fosfolipídios, lipoproteínas, fosfoproteínas e lipofosfoproteínas (DAMODARAN, 2010; KIOSSEOGLOU e PARASKEVOPOULOU, 2014; PALAV, 2016).

### **3.2.3.3 Açúcar**

O termo açúcar refere-se a diferentes tipos de carboidratos, como os monossacarídeos (glicose, frutose e galactose), dissacarídeos (sacarose, lactose e maltose) ou polissacarídeos. Existem diversos tipos de açúcar, como o açúcar refinado (ou sacarose), açúcar cristal, açúcar mascavo, açúcar de confeitiro, açúcar light, açúcar invertido, açúcar orgânico, açúcar cande, mel, melaço, glucose. O açúcar mais comum e mais usado na produção de bolos tipo *batter* é a sacarose, que é derivada da cana-de-açúcar ou beterraba (cerca de 60% da produção mundial de açúcar é da cana e 40% da beterraba) (COSTA, 2018; MARIOTTI e LUCISANO, 2014; PALAV, 2016).

O açúcar na fabricação de bolos tipo *batter* implica na parte estrutural, cor, textura, viscosidade, maciez, caramelização, aroma e sabor do produto. A sacarose, durante a mistura do batido do *batter cake*, promove a quebra dos cristais de gordura e, durante o cozimento do batido, controla o crescimento do bolo, firmeza da estrutura e proporciona o escurecimento da crosta através da reação de *Maillard* somente no estágio final do cozimento. A reação de *Maillard* é um escurecimento não enzimático que acontece entre um açúcar redutor e um aminoácido, na presença de aquecimento. Como a sacarose é um dissacarídeo não redutor, ela contribui para a reação de *Maillard* após a sua hidrólise. Dessa forma, a sacarose além de acentuar a coloração da crosta do bolo, promove a maciez da massa, sabor, textura e umidade após o cozimento, prolongando a vida de prateleira desse tipo de bolo (PALAV, 2016; WILDERJANS *et al.*, 2013).

### **3.2.3.4 Gordura**

A gordura é composta principalmente pelos triglicerídeos – cadeia com três moléculas de ácido graxo esterificado com uma molécula de glicerol. O tamanho da cadeia, seu grau de insaturação, a posição dos ácidos graxos e a sua configuração molecular, alteram as propriedades físicas dos triglicérides, como viscosidade, ponto de fusão, espalhabilidade e estrutura cristalina. No que se refere ao tamanho da cadeia, quanto maior o comprimento da

cadeia, maior será o ponto de fusão (LINDSAY, 2010; MARANGONI, GOLDSTEIN e SEETHARAMAN, 2014).

Existem diferentes tipos de gordura para a formulação de bolos, como:

- a) *shortening*: gordura vegetal especialmente elaborada para a fabricação de bolos e massas, sendo a mais empregada na produção de bolos. Os *shortenings* foram desenvolvidos para reduzir a coesão do glúten. Esse tipo de gordura é utilizado para fornecer propriedades funcionais que incluem maciez, umidade, textura, sensação na boca, integridade estrutural, retenção de ar, transferência de calor e aumento da vida de prateleira. Além disso, a qualidade do bolo desenvolvido com *shortening* difere no sabor e umidade de um bolo feito com óleo, usando a mesma formulação (CONFORTI, 2014).
- b) manteiga: contém 80% a 83% de gordura, 16% a 19% de água, 0,4% de lactose, 0,15% de cinzas e sal (máximo de 2%). É produzida através do batimento de creme de leite fresco e fermentado pela adição de fermento láctico selecionado, ao qual se adiciona ou não o sal. Os estágios de produção da manteiga são: obtenção do creme de leite, neutralização, pasteurização, desodorização, inoculação das culturas lácticas, maturação, batadura, separação do leitelho, lavagem, salga e malaxagem. A temperatura na qual a manteiga começa a derreter varia entre 21 °C e 40 °C e seu ponto de fumaça é baixo. Na indústria, a manteiga não é muito utilizada devido ao seu alto custo (MORETTO e FETT, 1999; ORDONEZ, 2005; PALAV, 2016);
- c) margarina: é uma emulsão composta de 80% a 85% de triacilgliceróis, 10% a 15% de água e cerca de 5% de sal, sólidos de leite e outros ingredientes. Os triacilgliceróis são três ácidos graxos ligados ao glicerol, os ácidos graxos se diferem no tamanho da cadeia e podem ser saturados ou insaturados (HAEGENS, 2014; WILDERJANS, 2013);

Em bolos do tipo *batter cake*, a gordura e o açúcar são usados em quantidades expressivas, por isso, é necessário dispersar a gordura uniformemente na massa, a gordura representa entre 40-50% do bolo. Durante a mistura da massa, o ar é incorporado na gordura promovendo uma estrutura para os gases de fermentação e a liberação de vapor d'água durante o cozimento. Ainda, ajuda na aeração para a fermentação e na maciez da massa. No *batter cake*, caso esse processo de homogeneizar o batido falhe, pode comprometer a estrutura do bolo ou a altura ou pode resultar em um topo de bolo mais crocante. Além disso, o *shortening* utilizado nesses bolos, melhora significativamente a estrutura do *batter cake*, permitindo que a relação açúcar-

farinha seja aumentada, resultando na melhoria da qualidade do bolo (PALAV, 2016; WILDERJANS *et al.*, 2013).

### 3.2.3.5 Agentes de levedação

Agentes de levedação apresentam a função de produção, inclusão e aprisionamento de ar, CO<sub>2</sub> ou vapor de água em uma massa, fundamentais para o crescimento e para propiciar uma textura aerada e porosa para o bolo (PALAV, 2016; WILDERJANS *et al.*, 2013).

Existem três tipos de agentes de levedação:

- a) ar aprisionado na massa durante a mistura;
- b) CO<sub>2</sub> liberado por decomposição ou reação química do fermento químico;
- c) vapor d'água gerado durante o forneamento.

O fermento químico é um produto formado de substância ou mistura de substâncias químicas capazes de expandir massas feitas de farinha, amido ou féculas, por meio do aquecimento ou pela presença de umidade, promovendo o crescimento da massa. A quantidade de fermento utilizada em qualquer formulação depende do tipo de produto, da natureza e da quantidade dos ingredientes utilizados. É essencial equilibrar a reação de fermentação nas formulações para não obter residual metálico ou sabor desagradável. Além disso, a forma como o batido é misturado e processado afetará a quantidade de fermento em pó (ANVISA, 1977; THERDTHAI, 2014).

O fermento químico pode ser classificado de acordo com a velocidade de produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como de ação lenta, ação rápida ou ação dupla. O CO<sub>2</sub> é gerado a partir da reação de um ácido com uma base na presença de aquecimento ou umidade. O fermento de ação lenta é caracterizado por liberar CO<sub>2</sub> na presença de calor; já o fermento de ação rápida libera o CO<sub>2</sub> assim que entra em contato com os líquidos da massa, ou seja, durante a mistura do batido; e o fermento de dupla ação reage em duas etapas: a primeira, quando entra em contato com os líquidos, durante a mistura, e a segunda etapa, durante o forneamento, quando a temperatura do forno é elevada. Durante a mistura, o ar aprisionado na massa propicia uma matriz para os gases liberados pelo fermento químico e vapor d'água liberados durante o assamento. Durante o forneamento, ocorre a expansão das células de gás por causa da liberação de dióxido de carbono do agente de levedação e a reação do fermento em pó não desenvolve novas células de gás. O aumento de volume do bolo resulta do vapor d'água gerado durante o



forneamento. No *batter cake*, o fermento químico mais utilizado é o de dupla ação e representa a fração de 4-6% dos ingredientes (MILLER, 2016; WILDERJANS *et al.*, 2013).

### 3.2.3.6 Leite

Conforme a Instrução Normativa n° 62 (IN62) (BRASIL, 2011), aplicada somente ao leite de vaca, “entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas”. O leite cru é composto de sólidos e água, aproximadamente 87% de água e os sólidos (lipídios, carboidratos, sais minerais e vitaminas) representam 3 a 12% do leite. O valor nutricional se concentra no teor de proteínas, como a caseína e as proteínas do soro (lactoalbuminas e lactoglobulinas); de carboidratos, como a lactose e de lipídeos, como triacilgliceróis com ácidos graxos saturados de cadeia curta e ácidos graxos insaturados e ainda, lecitina e colesterol. Além do cálcio e fósforo e vitaminas lipossolúveis A, D, E e K e as hidrossolúveis B1, B2, B6 e B12, ácido pantotênico, niacina e vitamina C (BRASIL, 2011; PENHA, 2017).

A qualidade do leite é analisada de acordo com os padrões físico-químicos, higiênico-sanitários e características sensoriais. Os parâmetros físico-químicos do leite são dados pelo teor de gordura, teor de proteína, teor mínimo de lactose, teor de sólidos não-gordurosos e totais, acidez titulável, estabilidade do alizarol, densidade relativa e índice crioscópico. Os parâmetros sensoriais são o aspecto, cor, sabor e odor. Os padrões higiênico-sanitários são a contagem total bacteriana, contagem de células somáticas e detecção de resíduos antibióticos (BRASIL, 2011; BRASIL, 2018a).

Do momento em que é coletado até antes de receber tratamento térmico, o leite destinado aos estabelecimentos de leite e derivados sob serviço de inspeção oficial, deve ser refrigerado a 4°C, em tanques de refrigeração, para diminuir a multiplicação de microrganismos. Os processos de tratamento térmico aplicados ao leite são a pasteurização e a esterilização. A pasteurização do leite, segundo a IN62, deve ser feita em pasteurizador de placas, na faixa de temperatura de 72 a 75°C, durante 15 a 20 s e deve ser envasado em circuito fechado no menor tempo possível. O leite pasteurizado é classificado quanto ao teor de gordura em integral, semidesnatado ou desnatado. Segundo a IN62, para o leite ser comercializado, o percentual de gordura para o leite integral é de, no mínimo, 3%; entre 0,6 e 2,9% para o leite semidesnatado e máximo de 0,5% para o leite desnatado. Na esterilização, o leite homogeneizado é submetido

a uma temperatura entre 130°C e 150°C, durante 2 a 4 s, mediante processo térmico de fluxo contínuo, imediatamente resfriado a uma temperatura abaixo de 32°C e envasado sob condições assépticas em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas. O leite esterilizado é chamado UHT ou UAT, que é Ultra Alta Temperatura e utilizam o termo esterilização comercial porque há a eliminação de forma eficiente microrganismos patogênicos, porém não é suficiente para destruir as bactérias termo resistentes. Após o tratamento térmico, o leite pode ser submetido ao processo de desidratação (BRASIL, 1997; BRASIL, 2011; BRASIL, 2018a).

A Instrução Normativa n° 53 (BRASIL, 2018b) define o leite em pó como “o produto que se obtém por desidratação do leite de vaca, integral, desnatado ou parcialmente desnatado e apto para a alimentação humana, mediante processos tecnologicamente adequados”. O leite em pó desnatado é o mais utilizado no *batter cake*, pois tem maior vida útil em relação ao líquido e é melhor para armazenar e transportar. Representa a fração de 8-12% do total dos ingredientes. Ele possui sabor e odor agradáveis, sem ranço, semelhante ao leite fluido, aspecto uniforme e sem grumos, cor branco amarelado e teor mínimo de proteína total do leite no extrato seco desengordurado é de 34% m/m. Ele é responsável por promover a gelatinização do amido, após aquecimento. Além disso, durante a mistura da massa, o leite dissolve os ingredientes e ajuda na liberação de CO<sub>2</sub> do fermento químico. Durante o cozimento da massa, como o leite também produz vapor, ele ajuda na levedação, juntamente com o CO<sub>2</sub>. Após o cozimento, auxilia na coloração, torna a textura do bolo aveludada, aumenta o volume, desenvolve um miolo branco cremoso, enriquece o sabor e o aroma e forma uma crosta amarronzada, devido à Reação de *Maillard* através da lactose do leite. O leite também é considerado um fortalecedor de massa, pois, combinado com a farinha, ajuda no fortalecimento da formação de glúten (BRASIL, 2018b; CONFORTI, 2014).

### **3.2.4 Processo de produção de um *batter cake***

O processo de produção de um *batter cake* acontece em um ou vários estágios e é realizado de acordo com a incorporação de ar na massa. As propriedades de aeração dos bolos tipo *batter cake* são baseadas na gordura incluída na formulação. A integração do ar na massa de bolo pode ser praticada por três métodos: mistura de creme, mistura de etapa única ou mistura contínua. Na mistura de creme, a primeira etapa consiste na adição de gordura e açúcar, nos quais são misturados homogeneamente para integrar o ar na gordura. Depois da etapa de creme, os ovos são incluídos. A última etapa é homogeneizar o leite com a farinha na massa. As

partículas de farinha ficam dissolvidas ou dispersas na fase aquosa onde o açúcar e as proteínas do ovo já estão presentes. Nessa fase final, a massa do bolo tem uma distribuição bifásica, com a fase aquosa e a fase gordurosa, onde as células gasosas imóveis estão aprisionadas. No método de etapa única, todos os ingredientes são introduzidos na mistura de uma vez e misturados homogeneamente com a incorporação de ar na fase aquosa. Requer um emulsificante para facilitar a assimilação do ar. Na mistura contínua, a massa é homogeneizada e emulsionada por um misturador de alta velocidade e aerado pela integração de ar pressurizado (THERDTHAI, 2014; WILDERJANS *et al.*, 2013).

O processo de forneamento de um *batter cake* também acontece em várias etapas ou uma etapa. Na primeira etapa de assamento, o aquecimento tem como consequência a diminuição da viscosidade da massa, derretimento dos cristais de gordura e a expansão das células de gás na fase aquosa que são parcialmente estabilizadas pelas proteínas do ovo. Após essa fase, as partículas de farinha ainda estão suspensas na fase aquosa e a gordura já se transformou em gotículas líquidas. Na fase final do bolo no forno, a massa é transformada em uma espuma sólida e com a estrutura firme. Quando o cozimento ocorre em etapa única, os cristais de gordura, antes adsorvidos nas bolhas de ar, derretem e escorrem sobre a superfície interna da bolha de ar, criando uma camada uniforme e crescendo durante o aquecimento sem se romper. Posteriormente, há a diminuição da viscosidade e, conseqüentemente, as células de gás que estão na fase aquosa podem sumir na massa, por causa do movimento das bolhas de ar e fusão na mistura. Nesse momento, a viscosidade da massa ainda deve ser capaz de evitar a gelatinização do amido, o aumento de bolhas e a aderência das células de gás porque quando a viscosidade diminui muito, o ar, o amido e a gordura ficam dispersos na fase aquosa. Finalmente, com a desnaturação das proteínas do ovo, gelatinização do amido e aumento da pressão dentro das células de gás, resultando no rompimento das mesmas e saída de ar na estrutura do bolo, a estrutura do bolo torna-se uma estrutura rígida na camada inferior e topo e, na camada central, textura aerada, com uma espuma sólida e firmeza do miolo (KIOSSEOGLU e PARASKEVOPOULOU, 2006; WILDERJANS *et al.*, 2013).

Um exemplo de bolo tipo *batter cake* é o *yellow layer cake*. Os ingredientes para a produção desse bolo são: farinha de trigo, açúcar refinado, *shortening*, água, ovos inteiros, cacau, leite em pó desnatado, sal, fermento em pó, aroma de baunilha ou limão, emulsificante, bicarbonato de sódio e corante amarelo. A quantidade de açúcar depende de cada tipo de massa (amarela, branca ou chocolate), a quantidade de água adicionada depende da umidade dos ovos e o fermento em pó pode ser de ação simples ou dupla. A Tabela 2 mostra os ingredientes e a

quantidade necessária de cada um, em base de farinha de trigo (GISSLEN, 2017; LABENSKY; MARTEL; VAN DAMME, 2016).

Tabela 2 – Formulação de um *yellow layer cake*

INGREDIENTES	QUANTIDADE (%)
Farinha de trigo	100,0
Açúcar refinado	100,0- 180,0
<i>Shortening</i>	40,0- 50,0
Água	70,0- 120,0
Ovos inteiros	60,0- 90,0
Cacau natural	10,0- 20,0
Leite em pó desnatado	8,0- 12,0
Sal	3,0- 4,0
Fermento em pó	4,0- 6,0
Aroma de baunilha ou limão	1,0- 2,0
Emulsificante	1,0- 1,5
Bicarbonato de sódio	1,0- 1,5
Corante amarelo	0,4- 0,5

Fonte: Gisslen (2017); Labensky; Martel e Van Damme (2016)

### 3.2.5 Processo de produção de um *foam cake*

Bolos tipo *foam cake* são divididos em *angel cake* e *sponge cake*. Pode-se dizer que *angel cake* é o verdadeiro *foam cake*, porque utiliza claras de ovo, as quais são batidas até a espuma formada perder brilho e atingir volume e rigidez máximos. Além disso, fermento químico não é empregado, pois o aumento de volume do bolo é alcançado por causa da expansão do ar aprisionado na clara e vapor d'água gerado no forneamento. O processo de produção do *angel cake* é iniciado pela separação das claras e gemas (não deve haver nenhum traço de gema na clara, porque a presença de gordura impossibilita a incorporação de ar pelas claras). Após o batimento das claras, é adicionado sal e ácido. O ácido é adicionado para estabilizar a espuma, propiciar cor e auxiliar na estrutura do bolo. Quando há a formação de picos suaves da espuma proporcionados pelo batimento da clara, adiciona-se 50-60% do total de açúcar refinado da formulação em velocidade lenta, até formar uma espuma firme. Após isso, o restante do açúcar é adicionado (40-50% do total da formulação) e a farinha de trigo também. A reação de *Maillard* não é tão intensa, devido ao meio ácido do batido, condição existente pela adição de um ácido, o que resulta em uma coloração mais clara da camada superior do bolo. Geralmente, os bolos

são assados em temperaturas na faixa de 191-204°C. Neste bolo, é muito importante que tenha cautela com as claras para ter um *angel cake* de qualidade (CONFORTI, 2014).

O *sponge cake* possui diferentes métodos de fabricação. Ele pode ser feito com a separação de claras e gemas ou com os ovos inteiros. No primeiro caso, o procedimento é bater as claras e depois as gemas com o açúcar, até atingir o volume máximo do batido. Após isso, adiciona-se aos poucos o açúcar, sal, aromatizante e água e o batido é homogeneizado até ficar firme. Depois, a farinha é adicionada. O segundo procedimento, é caracterizado pelo batimento dos ovos inteiros em velocidade média, até atingir a temperatura de 27°C. O açúcar é incorporado com os ovos ou durante a batida em batimento lento. Após o aumento do volume, a farinha é adicionada com a água ou o leite lentamente à espuma para evitar a perda da aeração. Depois, o *shortening* é adicionado aos poucos (CONFORTI, 2014).

### **3.2.6 Parâmetros importantes para a avaliação do batido**

#### **3.2.6.1 Gravidade específica**

A gravidade específica é a relação entre a densidade do batido e a densidade da água. Este parâmetro permite avaliar a quantidade de ar incorporada no batido durante a mistura ou o movimento do ar na massa específica, permitindo observar o volume, a textura e o grão do bolo. A quantidade de ar incorporada no batido altera o volume do bolo. A aeração depende da plasticidade, consistência, emulsificação e propriedades de óleos e gorduras (O'BRIEN, 2009).

Caso a gravidade específica seja muito alta, o bolo apresentará volume baixo, caso seja muito baixa, o bolo apresentará aspecto quebradiço e túneis disformes. Se o bolo apresentar fissuras, a gravidade específica deve ser corrigida. O ajuste pode ser feito através da alteração dos tempos de mistura, refrigeração dos ingredientes ou adição de gel emulsificante, pois o gel ajuda na aeração e reduz a gravidade específica (DESROCHERS; SEITZ; WALKER, 2003; JYOTSNA *et al.*, 2004).

#### **3.2.6.2 Viscosidade**

A viscosidade é uma medida da resistência de movimento do fluido, é medida através da tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento. Sendo a tensão de cisalhamento, a força por

unidade de área usada para mover um fluido e a taxa de cisalhamento é o gradiente de velocidade de cisalhamento por uma determinada distância (SINGH, 2009).

O aumento na agitação das moléculas e seu afastamento por conta da ruptura das forças de coesão provoca alteração na viscosidade dos fluidos, ou seja, um fluido com alta viscosidade tem aparência mais espessa e vaza mais lentamente do que um fluido com baixa viscosidade. Por exemplo, a massa do bolo tem viscosidade maior que a da água (SINGH, 2009).

Dessa maneira, os fluidos viscosos podem ser classificados de acordo com o seu comportamento de fluxo ou reológico, ou seja, em fluidos newtonianos ou não newtonianos. Os newtonianos são aqueles em que a sua viscosidade é alterada pela temperatura e pressão e os não newtonianos são divididos em independentes do tempo, dependentes do tempo e viscoelásticos (SUBRAMANIAN, 2002).

A viscosidade em fluidos newtonianos é sempre constante porque a relação entre a tensão e o gradiente de velocidade será sempre a mesma. Contudo, em fluidos não newtonianos, muda de acordo com a variação da taxa de cisalhamento. Então, pode ser dividido em 5 tipos: dilatante, pseudoplástico, plástico, tixotrópico e reopético. No fluido dilatante, a viscosidade aumenta com o aumento da taxa de cisalhamento e no fluido pseudoplástico, a viscosidade diminui à medida que a taxa de cisalhamento aumenta. Um exemplo de fluido pseudoplástico é a massa de bolo e um exemplo de fluido dilatante é o amido de milho misturado com a água (SUBRAMANIAN, 2002).

É importante medir a viscosidade da massa do bolo para determinar o melhor processo e equipamento utilizado com o objetivo de melhorar a qualidade do produto final e a economia potencial de custos. As propriedades reológicas da massa e manuseio são a elasticidade, a extensibilidade, a resistência à deformação e a viscosidade (MCGREGOR, 2017; SINGH, 2009).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica, a partir de materiais já desenvolvidos, constituídos de livros, e-book, apostilas e artigos.

Realizou-se inicialmente uma busca quantitativa de artigos na base de dados *Scopus* no período de 2002 a 17 de fevereiro de 2022, para artigos em inglês, português e espanhol. Nessa análise, foi avaliada a quantidade total de artigos que continham as expressões de busca descritos a seguir no título, resumo e palavras-chave: “*cake*” AND “*eggless*”, “*cake*” AND “*egg replacement*”, “*cake*” AND “*egg alternative*”, “*cake*” AND “*egg substitute*”, “*cake*” AND “*egg-free*”, “*cake*” AND “*vegan*” e “*cake*” AND “*allergen-free*”. A base *Scopus* foi selecionada por conter ferramentas importantes de pesquisa e montagem de gráficos separados por parâmetros como ano e país de publicação.

Posteriormente, realizou-se nova pesquisa bibliográfica na base *Web of Science* e no Portal de Periódicos CAPES no período entre 2002 e 17 de fevereiro de 2022. Como no Portal de Periódicos da CAPES a busca não é tão refinada como na *Web of Science* e ele gera muitos resultados, a principal fonte de seleção dos artigos foi a *Web of Science*. A base *Web of Science* foi a principal base de seleção nessa etapa, porque existem filtros mais inteligentes para separar por tópicos de interesse, além de ser uma base que não possui associação a uma editora, permitindo a seleção de artigos de uma quantidade maior de revistas.

Nesta etapa, empregou-se as mesmas expressões de busca da pesquisa anterior. Foram lidos os títulos, resumos e palavras-chaves de cada artigo. Alguns artigos foram eliminados devido i) ao conteúdo não atender ao tema deste estudo (por exemplo, avaliar a substituição de outro ingrediente no bolo como farinha de trigo, etc); ii) a estarem em duplicidade.

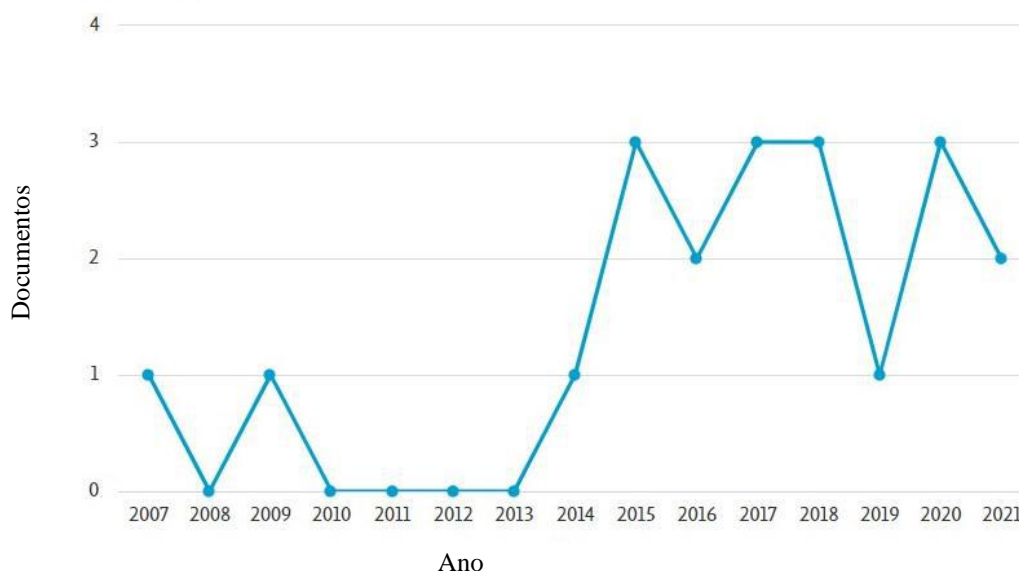
Na coleta de dados, fez-se a leitura do material e aprofundamento seletivo nos temas mais importantes para esse estudo. Após essa fase, na análise e interpretação dos resultados, foram realizadas anotações de todas as informações extraídas dos artigos pesquisados, em um quadro desenvolvido para este trabalho, contendo a referência, o tipo de bolo, o material substituído do ovo, a relação da quantidade de substituído com a quantidade de ovos empregada no bolo padrão e os pontos positivos e negativos dessa substituição.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Com base em levantamento na base *Scopus*, ao procurar sobre os estudos publicados nos últimos vinte anos, em inglês, espanhol ou português, contendo as expressões de busca “*cake*” e “*eggless*” havia 20 artigos, “*cake*” AND “*egg replacement*”, 2 artigos, “*cake*” AND “*egg alternative*”, 4 artigos, “*cake*” AND “*egg substitute*”, 2 artigos, “*cake*” AND “*egg-free*”, 4 artigos, “*cake*” AND “*vegan*”, 12 artigos e “*cake*” AND “*allergen-free*”, 1 artigo, nos campos de título, resumo e/ou palavras-chave. A Figura 8 apresenta o gráfico evolutivo em relação à quantidade de artigos publicados nos últimos 20 anos com a expressão de busca “*cake*” e “*eggless*”. Como não houve nenhum artigo publicado nessa base entre 2002 e 2006 e no ano de 2022, foi plotado o período entre 2007 e 2021. Nota-se que desde 2013 houve um pequeno aumento no número de publicações, indiciando um interesse por realizações de pesquisas científicas pela área.

Figura 8 – Quantidade de artigos por ano contendo as palavras “*cake*” e “*eggless*” no período entre 2007 e 2021

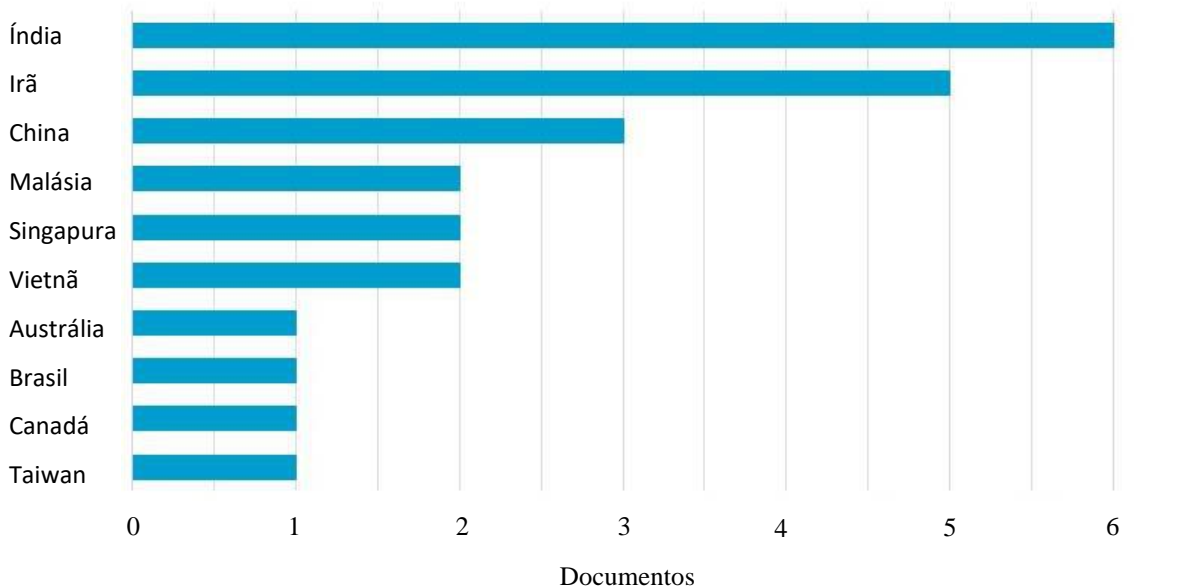


Fonte: Base *Scopus* (2022)

Por sua vez, os países que mais publicaram artigos e revisões sobre o assunto neste período entre 2007 e 2021 foram a Índia, o Irã e a China, como pode ser observado na Figura 9. O Brasil encontra-se descrito com somente uma publicação sobre esse assunto, assim como Austrália, Canadá e Taiwan.



Figura 9 – Quantidade de publicações por países contendo as palavras “cake” e “eggless” no período entre 2007 e 2021



Fonte: Base *Scopus* (2022)

As características sensoriais dos alimentos são alcançadas através de múltiplas interações entre diversos ingredientes funcionais até a obtenção do resultado desejado. Por exemplo, os atributos sensoriais do bolo vêm das propriedades térmicas ou formadoras de gel, aeração, formação de espuma e emulsificação dos ingredientes utilizados. Sendo assim, a substituição de ovos é bem complexa e requer variados testes para que não se perca a qualidade do produto final.

A substituição dos ovos na formulação dos bolos é um desafio, porque a proteína solúvel dos ovos é de grande importância na incorporação de ar e a falta dos ovos pode proporcionar a alteração de estabilidade física e na textura. Além disso, quando aquecidas, as proteínas dos ovos, que estão em grande concentração, se desnaturam e causam endurecimento. Logo, é importante que a formulação esteja correta e seja proporcional aos ingredientes substituídos para se chegar na textura necessária, estrutura perfeita, longa vida de prateleira, superfície uniforme, homogeneidade do miolo e sabor agradável (GALLO, 2015).

Alternativas que poderiam ser percebidas como mais naturais, como a *aquafaba*, do latim *aqua* (água) e *faba* (*Fabaceae*, família das leguminosas), líquido drenado a partir do cozimento de leguminosas, como grão-de-bico, soja e ervilha, tem excelentes propriedades de formação de espuma e pode ser usada para substituir as claras de ovos em muitas receitas doces e salgadas. Outras opções para a substituição do ovo em bolos incluem gel de chia, isolado proteico de

ervilha combinado com goma xantana e lecitina de soja, isolado proteico de ervilha combinado com mono e diglicerídeos, farinha de soja combinada com semente de linhaça e emulsificante monoestereato de glicerol, proteína do soro de leite combinada com emulsificantes monoglicerídeo destilado e éster de poliglicerol e lecitina de soja, proteína de soro de leite combinada com gomas CMC ou xantana, extrato hidrossolúvel de soja combinado com emulsificantes monoestearato de sorbitano e glicerol destilado e lecitina de soja, combinação de extrato hidrossolúvel de soja com lecitina de soja, misturas de hidrocoloides e emulsificantes monoestereato de glicerol e esteroil-2-lactilato de sódio, entre outros. Este estudo foi dividido por tópicos para separar os substitutos de ovos em *batter cakes* e *foam cakes* (GALLO, 2015; MARCZAK, MEURER; SOUZA; MARCZAK, 2020; MOVAHHED *et al.*, 2016; WATSON, STONE e BUNNING, 2009).

## 5.2 SUBSTITUTOS DE OVOS EM *BATTER CAKES*

O estudo de Gallo (2015) avaliou o uso de gel de chia depois do armazenamento em diversas condições como substituto de ovo em *batter cake* de chocolate. O gel de chia foi preparado com a proporção de 1:10, com 30 g de semente de chia para 300 g de água mineral. A semente e a água foram misturadas homogeneamente e cozidas por 6 min, até o ponto de fervura (acima de 100 °C), eliminando a maioria dos microrganismos patogênicos e deteriorantes e permitindo a liberação completa do gel, e depois foi homogeneizado com mixer. Foram elaborados ensaios microbiológicos para coliformes totais, mesófilos, psicrotóxicos, bolores e leveduras, para avaliar a quantidade de dias que o gel, armazenado em temperatura de refrigeração, poderia ser utilizado sem risco ao consumidor. Além dos ensaios microbiológicos, foram feitas análises físicas do produto, como o pH e sólidos solúveis totais, a fim de analisar a funcionalidade do gel e possíveis alterações que pudessem alterar a sua vida útil. Gallo (2015) elaborou fichas técnicas de preparo para o *batter cake* de chocolate com ovo e sem ovo, com adição de gel de chia. Além da diminuição da quantidade de sólidos do bolo – farinha, açúcar, leite e gordura – houve a substituição de 122% de ovo, em relação à farinha de trigo, por 50% de gel de chia. A autora também substituiu a manteiga com sal do bolo com ovo por óleo de milho e adicionou amido de milho no bolo sem ovo. O desenvolvimento do *batter cake* sabor chocolate foi feito de forma que o ovo utilizado na formulação original, foi substituído integralmente por 10 g de gel de chia, em diferentes tempos e condições de armazenamento (no dia do preparo: à temperatura ambiente, armazenado por 1 a 17 dias: sob

refrigeração e por 30 dias: sob congelamento). Ademais, foi realizada a análise sensorial com 112 indivíduos, com aplicação da ANOVA e teste de Fisher ( $p < 0,05$ ) para aceitação global, sabor e textura. Foi utilizada uma escala hedônica linear de nove centímetros (não estruturados), com âncoras de "desgostei extremamente" à esquerda e "gostei extremamente" à direita para a aceitação global e os atributos sabor e textura. Concluiu-se que o gel de chia pode ser utilizado em até 17 dias, armazenado sob refrigeração (4 °C) ou em até 30 dias em congelador (-18 °C), ou seja, o gel de chia tem vida útil maior que a do ovo fresco. A autora concluiu que o bolo sem ovo com gel obteve aceitação de 98% para aceitabilidade global e o emprego de outro ingrediente juntamente ao gel poderia contribuir para a máxima aceitação e para proporcionar o mesmo resultado e aceitabilidade do bolo original (GALLO, 2015).

O artigo de Lin e colaboradores (2017a) analisa o desenvolvimento de bolos sem ovo para lacto-vegetarianos empregando proteínas isoladas de ervilha juntamente com a goma xantana e com a mistura de emulsificantes mono e diglicerídeos e lecitina de soja. Foram avaliadas as propriedades físico-químicas do batido, a estrutura do bolo e as propriedades estruturais do amido e glúten. A formulação com eliminação de ovos havia a mesma quantidade de farinha, leite, fermento químico, óleo de canola e açúcar do bolo controle, 13,94% de ovos (em base centesimal) foram substituídos por 3,48% de proteína isolada de ervilha, 0,1% de goma xantana, 1% de lecitina de soja e ainda foram adicionados amido de milho e água. A formulação contendo proteínas isoladas de ervilha com 0,1% de goma xantana e 1% de lecitina de soja foi a mais próxima do bolo controle (com ovo), com gravidade específica do batido, cor do miolo e área média dos poros do miolo semelhantes ao bolo controle. Logo, essa foi considerada a formulação potencial para a substituição de ovos em bolos. A viscosidade dos batidos sem ovo foi significativamente superior à da massa controle. Contudo, a viscosidade do batido com 0,1% de goma xantana e 1% de lecitina de soja foi a mais baixa em relação às outras formulações sem ovos, mas os autores atribuíram isso ao fato da lecitina de soja ter sido utilizada na forma líquida, o que forneceu fluidez adicional ao batido (LIN *et al.*, 2017a).

Em outro estudo, Lin e colaboradores (2017b) avaliaram a viabilidade de substituição de ovos em *batter cake* por proteínas isoladas de soja, polissacarídeos vegetais e emulsificantes. Além disso, analisou as propriedades do bolo, abrangendo volume específico, textura, cor, umidade, microestruturas e propriedades estruturais do amido e glúten. A melhor formulação do bolo sem ovo havia a mesma quantidade de farinha, leite, fermento químico, óleo de canola e açúcar do bolo controle. Os 13,93% de ovos (em base centesimal) foram substituídos por 3,30% de proteína isolada de soja, 1% de mono e diglicerídeos. Essa substituição dos ovos por

proteína isolada de soja e mono e diglicerídeos foi a melhor formulação pois apresentou propriedades físico-químicas semelhantes ao bolo controle, como textura, volume e gravidade específicos. A viscosidade dos batidos com substituição de ovos foi significativamente maior que a do bolo controle (LIN *et al.*, 2017b).

O estudo de Kumar e colaboradores (2017) analisou o efeito da farinha de soja desengordurada, em combinação com semente de linhaça em pó misturados com emulsificantes, como monoestearato de glicerol (GMS) e estearoil-2-lactilato de sódio (SSL), em bolos tipo *batter cake* sem ovo. O perfil de ácidos graxos, propriedades reológicas, físico-sensoriais e características nutricionais do bolo sem ovo foram analisados. Eles analisaram 5 formulações diferentes: a primeira formulação foi o bolo controle com ovo; a segunda, bolo sem ovo e sem adição de substituto; a terceira, substituíram o ovo pela farinha de soja em combinação com a semente de linhaça; a quarta, foi a mistura de farinha de soja em combinação com a semente de linhaça e o emulsificante GMS; e a última, combinaram farinha de soja com a semente de linhaça e SSL. Foi relatado que a goma polissacarídica na semente de linhaça aumenta a viscosidade e as propriedades de ligação à água, emulsificação e formação de espuma de produtos de proteína de linhaça. Todas as formulações com substituições de ovos aumentaram a viscosidade, diminuíram a gravidade específica do batido, aumentaram o volume do bolo sem ovo, diminuíram a dureza, além de melhorarem a qualidade geral do bolo sem ovo. A maior melhoria em relação à qualidade foi através do uso de farinha de soja com a semente de linhaça em pó, combinados com o emulsificante GMS pois melhorou significativamente as características físico-sensoriais e o bolo sem ovo mostraram-se rico em ácido graxo ômega-3, com 0,6% de ácido linolênico comparado com 0,1% no bolo com ovo (KUMAR, 2017).

O estudo de Movahhed e colaboradores (2016) analisou o efeito dos emulsificantes éster de poliglicerol (PGE), monoglicerídeo destilado (DMG) e lecitina de soja nas propriedades de *batter cake* sem ovo contendo proteína do soro de leite com teor proteico de 80% (WPC). A combinação desses emulsificantes melhorou suas propriedades funcionais, o volume cresceu, aumentaram a porosidade e a aceitação sensorial total e ocorreu uma redução do teor de umidade, atividade de água, dureza e viscosidade dos bolos sem ovo. O uso de altos níveis de PGE combinado com baixos níveis de DMG e lecitina, propiciou a ótima qualidade do bolo sem ovo. A melhor formulação do bolo sem ovo foi a combinação de 0,5% de PGE em porcentagem de farinha, 0,25% de DMG e 0,5% de lecitina com a proteína de soro de leite (MOVAHHED *et al.*, 2016).

O estudo de Rahmati e Tehrani (2014) investigou o efeito da influência dos emulsificantes monoestearato de sorbitano (SMS), monoestearato de glicerol destilado (DGMS) e lecitina de soja nas características do bolo sem ovo contendo leite de soja. Foram analisadas as propriedades dos batidos (viscosidade, estabilidade e gravidade específica) e do bolo (umidade, densidade, volume específico, simetria, cor e textura e atributos sensoriais). A melhor formulação do bolo sem ovo foi com 0,5% de DGMS, 0,5% de lecitina e 0,01% de SMS, pois ocorreu a redução da densidade do batido, menor viscosidade do batido, maior teor de umidade, maior estabilidade para todas os batidos sem ovos, melhor maciez do bolo, aumento do volume específico, em comparação com a massa controle. Além disso, essa formulação obteve os maiores índices de aceitação nos parâmetros sensoriais com a baixa densidade, alto volume, miolo macio, maciez da crosta, aparência e cor da crosta desejáveis (RAHMATI e TEHRANI, 2014).

O artigo de Hedayati e Teerã (2018) analisou o efeito da substituição total de ovo por extrato hidrossolúvel de soja combinado com lecitina de soja nas propriedades físicas do batido e sensoriais do bolo. Foram feitos testes com diferentes porcentagens de lecitina de soja, de 0 a 6% de adição, e com a mesma quantidade de leite de soja para todas as amostras. Os autores avaliaram a densidade, microestrutura, viscosidade e textura dos batidos, analisaram o volume, altura, densidade, textura, parâmetros de cor e atributos sensoriais dos bolos e compararam os testes com as análises do bolo controle (com ovo). Os resultados mostraram que a melhor amostra foi com 4% de lecitina de soja (em base farinha) pois melhorou a qualidade do bolo, características físico-químicas e sensoriais. A lecitina propiciou o maior volume e maciez do bolo, resultados da incorporação de ar do batido. No entanto, níveis mais elevados de lecitina de soja (5- 6%), tiveram efeitos negativos nas características sensoriais do bolo, pois tornou a cor do bolo escura e o sabor desagradável, diminuindo a pontuação geral de qualidade. Além disso, o bolo sem ovo, sem lecitina de soja, apresentou volume baixo, pequenas bolhas de ar, cor escura, textura firme e aparência inferior em relação aos outros testes e, por isso, obteve uma pontuação inferior sensorialmente (HEDAYATI e TEERÃ, 2018).

O estudo de Ashwini, Jyotsna e Indrani (2009) investigou o efeito dos hidrocoloides: goma arábica (AR), goma guar (GR), goma xantana (XN), carragenina (CG) e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) combinado com os emulsificantes: monoestearato de glicerol (GMS) e estearoil-2-lactilato de sódio (SSL) sobre as características reológicas, microestruturais e de qualidade do *batter cake* sem ovo. Os autores analisaram que a adição de goma guar à farinha de trigo na presença de SSL aumentou a viscosidade do bolo sem ovo, e,

na presença de GMS, todos os hidrocolóides, com exceção da XN, aumentaram a viscosidade. A gravidade específica e a umidade da massa também foram aumentadas. Entre os hidrocolóides testados, apenas o HPMC melhorou as características do bolo sem ovo, tanto na presença de GMS como com SSL, o HPMC aumentou o índice de qualidade geral do bolo sem ovo com GMS, seguido por CG e XN, em ordem decrescente. A melhor formulação foi com o hidrocoloide HPMC combinado com o emulsificante SSL pois a matriz proteica apresentou-se mais uniforme, com volume e textura satisfatórios, apresentando um bolo sem ovo de boa qualidade. O HPMC forma uma estrutura rígida de gel após sofrer aquecimento, seguido de resfriamento, e isso contribuiu para o seu melhor desempenho (ASHWINI *et al.*, 2009).

No Quadro 2, pode-se observar o resumo dos artigos descritos, com os substitutos totais de ovos em bolos tipo *batter cake*, as quantidades necessárias para empregar cada substituto e os pontos positivos e os negativos desse emprego.

Quadro 2 – Substitutos de ovos em *batter cakes*

(continua)

<b>Material Substituto</b>	<b>Relação da quantidade de substituto x quantidade de ovos</b>	<b>Pontos positivos/ negativos ou principais resultados</b>	<b>Autor</b>
Gel de chia	10 g de gel de chia para substituir 56 g de ovos	Pontos positivos: Ligação com gordura, formação de gel, ação quelante. Fornece capacidade emulsificante semelhantes aos ovos quando usado em nível de 25% em base farinha. Ponto negativo: o bolo modificado com gel de chia não teve máxima aceitação pelos avaliadores como o bolo original.	GALLO (2015)
Proteína isolada de ervilha (PIE), goma xantana (GX), lecitina de soja (LS), mono e diglicerídeos (MDG) e amido de milho	3,48% de proteína isolada de ervilha, 0,1% de goma xantana, 1% de lecitina de soja e ainda foram adicionados amido de milho e água para substituir 13,43% de ovos em composição centesimal	Pontos positivos: Batidos mais viscosos que a do bolo com ovo, massa de bolo mais leve devido à aeração dos emulsificantes, viscosidade da massa desempenhou um papel importante no volume final do bolo. A melhor formulação obteve resultados semelhantes ao bolo controle em relação à densidade de massa, gravidade específica, cor do miolo e área média dos poros do miolo. Pontos negativos: Não é possível utilizar somente a PIE sozinha, pois as proteínas da ervilha carecem da capacidade única e superior de formação de espuma dos ovos, isso foi observado através da gravidade específica. A viscosidade do batido com 0,1% de goma xantana e 1% de lecitina de soja foi a mais baixa em relação às outras formulações sem ovos, mas os autores atribuíram isso ao fato da lecitina de soja ter sido utilizada na forma líquida, o que forneceu fluidez adicional ao batido.	LIN <i>et al.</i> (2017a)

Quadro 2 – Substitutos de ovos em batter cakes

(continua)

Material Substituto	Relação da quantidade de substituto x quantidade de ovos	Pontos positivos/ negativos ou principais resultados	Autor
Proteínas isoladas de soja (PIS), goma xantana (GX), lecitina de soja (LS), mono e diglicerídeos (MDG) e amido de milho	A melhor formulação continha 3,30% de proteína isolada de ervilha, 1% de mono e diglicerídeos para substituir 13,93% de ovos em base centesimal	Pontos positivos: Volume específico dos bolos sem ovos semelhantes ao bolo controle; viscosidade do batido maior que a do batido com ovo; a melhor formulação foi a que continha proteína isolada de soja com 1% de MDG e possui melhor custo-benefício em relação ao bolo com ovo (\$ 1,84 / kg de massa vs. \$ 2,11 / kg de massa). Pontos negativos: os resultados sugerem que a substituição somente por proteínas isoladas de soja não pode garantir a gravidade específica do batido e o volume específico dos bolos, devido às limitações em termos de estabilidade da espuma e propriedades de gelificação. Outro ponto negativo foi a redução da maciez e da elasticidade do miolo do bolo.	LIN <i>et al.</i> (2017b)
Farinha de soja em combinação com semente de linhaça em pó misturados com emulsificantes - monoestearato de glicerol (GMS) ou estearoil-2-lactilato de sódio (SSL)	Melhor formulação: 10% de farinha de soja + 10% de semente de linhaça + 0,5% de GMS para substituir 120% de ovo na formulação de bolo com ovo (em base farinha)	Pontos positivos: todas as formulações com substitutos de ovos aumentaram a viscosidade, diminuíram a gravidade específica do batido, aumentaram o volume do bolo sem ovo, diminuíram a dureza e melhoraram a qualidade geral do bolo sem ovo. Pontos negativos: O bolo sem ovo apresentou maior dureza, gomosidade, mastigabilidade comparados ao bolo com ovo. O bolo sem ovo apresentou uma crosta de marrom claro, cor de miolo pálido, textura um pouco dura, sensação gomosa na boca com, por isso, os avaliadores diminuíram a pontuação em relação às características sensoriais.	KUMAR <i>et al.</i> (2017)
Proteína do soro de leite, emulsificantes éster de poliglicerol (PGE), monoglicerídeo destilado (DMG) e lecitina	8% de proteína do soro de leite com teor proteico de 80%, 0,5% PGE em base farinha, 0,25% DMG em base farinha e 0,5% de lecitina de soja, em base de farinha. A quantidade de ovo não foi informada no artigo.	Pontos positivos: a proteína do soro de leite atua como agente emulsificante e de aeração, o monoglicerídeo destilado ajuda na emulsificação da gordura na fase aquosa e na incorporação de ar na fase lipídica, o éster de poliglicerol tem a função de fornecer estabilidade de longa duração no batimento da massa e boa textura no miolo do bolo. A lecitina é usada para diminuir a viscosidade, hidratar os ingredientes sólidos do bolo e dar maciez ao bolo. Pontos negativos: Maiores níveis de lecitina levaram a uma redução na aceitação total devido à cor escura da crosta, alta intensidade de cor do miolo e aroma de lecitina de soja.	MOVAHHED <i>et al.</i> (2016)

Quadro 2 – Substitutos de ovos em *batter cakes*

(conclusão)

Material Substituto	Relação da quantidade de substituto x quantidade de ovos	Pontos positivos/ negativos ou principais resultados	Autor
Combinação do extrato hidrossolúvel de soja com os emulsificantes monoestearato de sorbitano (SMS), monoestearato de glicerol destilado (DGMS) e lecitina de soja	60% de extrato hidrossolúvel de soja, 0,01% de SMS, 0,5% de DGMS, 0,5% de lecitina (em base farinha) para substituir 60 % de ovos em base farinha	Pontos positivos: o SMS teve o efeito mais positivo sobre a gravidade específica e a aeração seguido de DGMS e lecitina. Aumento da viscosidade do batido causado pelo SMS. A lecitina funcionou muito bem com o SMS para melhorar a aeração e potencializou esse efeito. O bolo contendo SMS perdeu a menor quantidade de umidade durante o forneamento em comparação com os bolos contendo DGMS, lecitina ou combinações de emulsificantes. Ponto negativo: a lecitina produziu massa de bolo sem ovo com a viscosidade mais baixa.	RAHMATI e TEHRANI (2014)
Combinação de extrato hidrossolúvel de soja com lecitina de soja	62,5% de extrato hidrossolúvel de soja e 4% de lecitina de soja para substituir 62,5% de ovo em base farinha	Pontos positivos: o bolo sem ovo com 4% de lecitina de soja, melhorou todos os atributos sensoriais e recebeu a mesma pontuação do bolo controle (com ovo), além da melhoria nas características físico-químicas. Pontos negativos: o bolo sem ovo, sem lecitina de soja, ficou com volume baixo, pequenas bolhas de ar, cor escura, textura firme e aparência inferior em relação aos outros testes e, por isso, obteve uma pontuação inferior sensorialmente. O bolo com 6% de lecitina de soja teve efeitos negativos nas propriedades sensoriais do bolo.	HEDAYATI e TEERÁ (2018)
Combinação de hidrocoloides: goma arábica (AR), goma guar (GR), goma xantana (XN), carragenina (CG) e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) com emulsificantes: monoestearato de glicerol (GMS) e estearoil-2-lactilato de sódio (SSL)	0,5g de hidrocoloides (AR/XN/GR/CG/HPMC) e 0,5 g de emulsificantes (GMS/ SSL) em base farinha. O artigo não informou a quantidade de ovo.	Pontos positivos: A adição de hidrocoloides aumentou a viscosidade do batido e XN aumentou em maior proporção a viscosidade do batido. A gravidade específica e a umidade da massa também foram aumentadas. A combinação de HPMC com SSL resultou em um bolo de qualidade, com a matriz proteica contínua, cor do miolo, tamanho do grão do miolo, espessura da parede celular, volume, textura e sabor satisfatórios. Pontos negativos: Infelizmente o artigo não mostrou a formulação usada para o bolo controle (com ovo). Então, não foi possível analisar a quantidade de substituto. A adição de XN, GR e GC aumentaram o valor de firmeza, mostrando efeito adverso na textura dos bolos. A adição de XN e AR não mostram qualquer melhoria nas características dos bolos, enquanto GR e CG diminuíram a qualidade.	ASHWINI, JYOTSNA, INDRANI (2009)

Fonte: Autor (2022)



### 5.3 SUBSTITUTOS DE OVOS EM *FOAM CAKES*

O estudo de Mustafa e colaboradores (2018) analisou o uso de *aquafaba* de grão-de-bico enlatado, derivada de dez marcas diferentes, para substituir claras de ovos em *foam cakes*. Foram feitos testes para comparar a textura e a cor com o bolo controle, além do volume da espuma e estabilidade do bolo. Os resultados demonstraram que a *aquafaba* de cada marca de grão-de-bico enlatado diferiu em qualidade, composição, capacidade de formação de espuma e capacidade emulsificante. Contudo, a *aquafaba* de algumas marcas apresentou propriedades semelhantes à da clara de ovo empregada no bolo controle. A textura e a cor do *foam cake* produzido com clara de ovo ou *aquafaba* foram semelhantes e aceitáveis, porém os miolos dos bolos preparados com a água do grão-de-bico eram menos elásticos e coesos comparados ao miolo do bolo controle (MUSTAFA, 2018).

O estudo de Shao, Lin e Chen (2015) teve como princípio investigar a influência de proteína concentrada de soro de leite, três tipos de farinha de trigo e dois tipos de hidrocoloides (carboximetilcelulose- CMC e goma xantana) nas propriedades físicas de massas e bolos do tipo *foam cakes* que substituíram totalmente os ovos. A formulação do bolo sem ovo usava concentrado proteico de soro de leite, óleo de soja e emulsificantes, conforme a Tabela 4. A proteína do soro foi utilizada para substituir totalmente a clara do ovo, com o objetivo de formar espuma, já o óleo e a lecitina como substitutos da gema do ovo. O bolo sem ovo feito de proteína de soro de leite, óleo de soja e emulsificantes apresentou pequeno volume e facilmente perdia a integridade, porém com a adição de goma xantana, ou CMC, combinada com os diferentes tipos de farinha de trigo, modificou-se a massa, a textura e a qualidade do bolo, produzindo miolos mais firmes do que no bolo controle, com isso a aparência visual do bolo melhorou, conforme mostrado na Figura 10 (SHAO; LIN; CHEN, 2015).

Figura 10 – Aparência do bolo controle e do bolo sem ovo



Fonte: Shao, Lin e Chen (2015)

No Quadro 3, pode-se analisar o resumo dos artigos descritos, com os substitutos totais de ovos em bolos tipo *foam cake*, as quantidades necessárias para empregar cada substituto e os pontos positivos e os negativos desse emprego.

Quadro 3 – Substitutos de ovos em *foam cakes*

<b>Material Substituto</b>	<b>Relação da quantidade de substituto x quantidade de ovos</b>	<b>Pontos positivos/ negativos ou principais resultados</b>	<b>Autor</b>
Proteína de soro de leite, gomas CMC ou xantana e emulsificantes: mono e diglicerídeos, éster de ácido esteárico de sacarose, éster de ácido graxo de glicerina, estearoil 2-lactilato de sódio, D-sorbitol e propilenoglicol.	21% de proteína de soro de leite, 1% de CMC ou goma xantana, 7% de emulsificantes (base farinha) para substituir 93 % de clara e 82% de gema, em base farinha.	Pontos positivos: bolos sem ovos com maior viscosidade da massa e gravidade específica em comparação com o bolo controle (com ovo). Firmeza, umidade, pegajosidade, estrutura do miolo mais forte e melhorou a qualidade e textura do bolo. Pontos negativos: Não se pode utilizar somente a proteína de soro de leite pois ficam com menor volume e são fáceis de perder a integridade. A proteína deve ser associada aos emulsificantes e goma xantana.	SHAO; LIN; CHEN, (2015)
<i>Aquafaba</i> de grão-de-bico	110 mL de <i>aquafaba</i> para substituir 110 mL de clara de ovo líquida	Pontos positivos: A substituição de <i>aquafaba</i> pela clara não afetou muito os parâmetros físico-químicos do <i>foam cake</i> . A textura e a cor foram semelhantes e aceitáveis, comparadas ao bolo controle. Pontos negativos: As propriedades de capacidade de formação de espuma e emulsificante diferiram entre as marcas de grão-de-bico enlatados. O bolo feito com <i>aquafaba</i> apresentou-se com menos umidade, menor volume, menor estrutura e menor pH que o bolo controle. O bolo de <i>aquafaba</i> era um pouco mais denso que o de clara de ovo.	MUSTAFA <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Autor (2022)

Esse levantamento objetivou mostrar que existem diversos ingredientes para a eliminação de ovos em bolo, porém o substituto deve desempenhar as mesmas funções que os ovos exercem em bolos, como a capacidade de incorporação de ar e formação de espuma, capacidade de emulsificação, capacidade de ligação de água e desenvolvimento de viscosidade, pigmentação e coagulação térmica. A substituição de ovos é muito complexa e pode ser que apenas um substituto não seja o suficiente para chegar à qualidade tecnológica do produto e atender as expectativas do consumidor e, às vezes, mais de um ingrediente é necessário para a substituição. Dessa forma, o que visualizamos nos artigos foi o uso de combinações de ingredientes com

aditivos como isolado proteico de ervilha combinado com goma xantana e lecitina de soja, isolado proteico de ervilha combinado com mono e diglicerídeos, farinha de soja combinada com semente de linhaça e emulsificante monoestearato de glicerol, proteína do soro de leite combinada com emulsificantes monoglicerídeo destilado e éster de poliglicerol e lecitina de soja, proteína de soro de leite combinada com gomas CMC ou xantana, extrato hidrossolúvel de soja combinado com emulsificantes monoestearato de sorbitano e glicerol destilado e lecitina de soja, entre outros.

Como pode-se observar foram encontrados estudos com testes somente em *batter cakes* e *foam cakes*. Não foram encontrados estudos com substituição de ovos em *chiffon cakes*. A maioria dos estudos encontrados faziam a substituição de ovos em *batter cakes* talvez pela funcionalidade dos ovos neste tipo de bolo ser menos complexa. Em *foam cakes*, os ovos têm papel fundamental na estrutura e volume do produto devido à sua capacidade de formação de espuma pela incorporação de ar. Nos *batter cakes*, esta propriedade já não é tão fundamental uma vez que a incorporação de ar se dá na fase lipídica. Os pontos negativos observados em *foam cake* foram volumes mais baixos e mais densos que o bolo controle e pior estrutura de miolo. Esses efeitos são devido à deficiência dos substitutos em formar de espuma. Por sua vez, o ponto positivo em comum em *foam cakes* foi a cor aceitável, semelhantes ao bolo controle. Os pontos negativos mais observados nos artigos sobre *batter cake* foram a falta de maciez e elasticidade do miolo do bolo, o que levaram à redução da aceitabilidade sensorial. No entanto, os pontos positivos foram a manutenção do volume, estrutura, umidade e cor do miolo em relação ao bolo controle.

Comparando-se todos os substitutos dos artigos do *batter cake*, foi analisado que a melhor combinação entre hidrocoloides e emulsificantes foi a combinação de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) com estearoil-2-lactilato de sódio (SSL) pois o HPMC forma uma estrutura rígida de gel após sofrer aquecimento, seguido de resfriamento, o que resultou em uma matriz proteica mais uniforme, volume e textura satisfatórios para o bolo sem ovo. Os hidrocoloides que tiveram o pior desempenho foram a goma guar e a carragenina. Além disso, foi observado que o emprego de lecitina de soja em maiores níveis leva a uma redução de aceitação sensorial pois interfere negativamente na cor da camada superior e do miolo (propicia coloração muito escura) e interfere no aroma do bolo.

Independentemente do tipo de bolo, é importante analisar que a dispersão homogênea dos ingredientes e a incorporação de ar ao batido são parâmetros fundamentais para a qualidade de um bolo. É fundamental entender o papel do ingrediente no bolo para desenvolver os potenciais

substitutos. A combinação de algumas proteínas com emulsificantes e/ou hidrocolóides, como visto anteriormente, são potenciais substitutos de ovos por terem sido sensorialmente aprovados pelos consumidores.

## 6 CONCLUSÃO

Os estudos demonstraram que há a possibilidade de substituir os ovos em bolos sem perder as características físicas do produto, como textura, volume, estrutura e aparência. É importante observar que, além da proteína do ovo, o amido e o glúten desempenham um papel fundamental na produção e qualidade dos bolos. A combinação de vários ingredientes e aditivos, para a redução total de ovos em bolos, obtém melhor resultado do que um único substituto, devido à múltipla funcionalidade tecnológica do ovo. Quando se é capaz de compreender a função do ingrediente no processo de produção e estrutura do produto final, torna-se viável idealizar e testar possíveis substitutos. O uso de substitutos como gel de chia, *aquafaba* de grão-de-bico, mistura de farinha, isolado proteico ou extrato solúvel de leguminosas com gomas e/ou emulsificantes, entre outros, quando usados em proporções corretas e devidamente misturados para a substituição do ovo, ajudam na aeração e viscosidade do batido, volume, maciez, coloração da crosta, umidade e textura do miolo. Consequentemente, como foi verificada a manutenção da qualidade tecnológica e sensorial do bolo sem ovo comparado ao bolo controle (com ovo), as tecnologias apresentadas nos estudos científicos poderiam ser implementadas pelas indústrias de bolo, já que o mercado nesse setor está em crescimento.

## 7 PERSPECTIVAS FUTURAS

O desenvolvimento de substitutos de ovos em escala comercial é esperado já que existem muitas oportunidades ainda a serem exploradas nesse setor, mas é necessário definir estratégias que garantam um posicionamento competitivo. A indústria de alimentos brasileira tem investido em produtos substitutos de ingredientes de origem animal, pois os empresários do setor revelaram que o crescimento desse mercado no Brasil tem sido da ordem de 40% ao ano (SVB, 2020). A indústria aviária também entrou neste mercado com intuito de vender os seus produtos em versões veganas. O Grupo Mantiqueira, maior produtor de ovos da América do Sul, lançou em 2019 o seu primeiro ovo de base vegetal no Brasil. O chamado “N.OVO” pode ser usado como ingrediente no preparo de receitas para bolos, pães, panquecas e massas em geral, substituindo o uso de ovos, e pode ser usado para consumo direto, com a finalidade de fazer ovos mexidos ou omeletes na frigideira (Figura 11). Segundo o site da marca, o produto da esquerda é feito com farinha de linhaça dourada, proteína de ervilha e amido de ervilha. Ele está sendo vendido em embalagem semelhante aos ovos tradicionais, mas é um produto em pó e deve ser misturado com a quantidade de água indicada na embalagem. O produto da direita é feito a partir de proteína isolada de soja, proteína de ervilha, molho de cúrcuma em pó (cúrcuma, sal com reduzido teor de sódio, espessantes metilcelulose e carragena) e aroma sintético idêntico ao natural de ovo. Esse produto pode ser usado para consumo direto para fazer ovos mexidos ou omeletes e o pré-preparo é uma diluição de 14,5g de pó em 100mL de água gelada. Não foram encontrados outros substitutos já comercializados aqui no Brasil (OVOS MANTIQUEIRA, 2021).

Figura 11 – Ovo à base de plantas para consumo indireto (à esquerda) e para consumo direto (à direita)



Fonte: Ovos Mantiqueira (2021)

É fundamental que criem uma legislação sobre substitutos de ovos para estabelecer condutas e ações aceitáveis desses produtos. Consequentemente, com as informações detalhadas, o desenvolvimento comercial de bolos com substitutos de ovos seria menos complicado. Os artigos mostraram que a avaliação sensorial foi positiva para esse tipo de bolo, então, o mercado deve aproveitar essa demanda. Para finalizar, deveria haver uma categorização de substitutos de ovos na literatura, separando as fontes proteicas de origem animal e vegetal, aditivos de alimentos (hidrocoloides e/ou emulsificantes) e outros materiais alimentares, como chia e linhaça.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMAPI (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS). **Vendas**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://abimapi.com.br/estatisticas.php>. Acesso em: out. 2020.

ABPA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÇÃO ANIMAL). **Relatório anual de 2021**. [S. l.]:ABPA, 2021. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios/>. Acessado em: ago. 2021.

ALMEIDA, Melissa de, ROCHA, Humberto; MATEUS, Teresa Letra. Riscos e benefícios do consumo de ovos. **TecnoAlimentar – Revista da Indústria Agroalimentar**, Porto, Portugal, n. 9, p. 58-61, 2016.

ANGUS, A.; WESTBROOK, G. **Top 10 Global Consumer Trends 2019**. [S. l.]: Euromonitor International, 2019,78 p. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/62405759/Top10GlobalTrends2019-wpGCT2019-v0.520200318-92747-j2c1gr.pdf>. Acesso em: jan. 2021.

ANVISA (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA). Resolução - CNNPA n. 38, de 1977. Aprova como coadjuvantes da tecnologia de fabricação as substâncias constantes dos anexos I, II, III e IV, destinadas ao fabrico de produtos forneados, tais como: pão, broa, biscoito, bolacha, bolo, torta e demais produtos afins de confeitaria. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 dez. 1977. Disponível em [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1977/res0038\\_21\\_12\\_1977.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1977/res0038_21_12_1977.html). Acesso em: fev. 2022.

ARAÚJO, W. A. G; ALBINO, L. F. T. **Comercial Incubation** [Incubação Comercial]. Trivandrum, Kerala, India: Transworld Research Network, 2011. 171 p.

ARAÚJO, W. M. C. (org.); MONTEBELLO, N. P. (org.); BOTELHO, R. B. A. (org.); BORGIO, L. A. (org.). **Alquimia dos alimentos**. 2. ed. rev. e aum. Brasília: Editora Senac, 2011. 500 p.

ASBAI (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALERGIA E IMUNOLOGIA). **A Doença do Século XXI – Alergia – Perguntas e Respostas**. Rio de Janeiro: Livraria e Editora REVINTER Ltda, 2012.

ASHWINI, A.; JYOTSNA, R.; INDRANI, D. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 700-707, 2009.

AVILA, V. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; KRABBE, E. L.; DUARTE, S. C.; SAATKAMP, M. G. **Poedeira Embrapa 051** - guia de manejo das poedeiras coloniais de ovos castanhos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 10 p. 1 Folheto. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076928/poedeira-embrapa-051--guia-de-manejo-das-poedeiras-coloniais-de-ovos-castanhos>. Acessado em: jan. 2022.



BERGQUIST, D. H. Egg Dehydration. *In*: STADELMAN, W. J. (ed.); COTTERILL, O. J. (ed.). **Egg Science and Technology**. 4. ed. New York, USA: Routledge, 2013. cap. 14, p. 335-369.

BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. L. **Tecnologia de Panificação e Confeitaria**. Recife: EDUFRPE, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inspeção de Produto Animal. Portaria nº 1, de 21 de fevereiro de 1990. Aprova as Normas Gerais de Inspeção de Ovos e Derivados, propostas pela Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados - DICAR que serão divulgadas através de Ofício Circular da SIPA. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 6 maio 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº. 370, de 4 de setembro de 1997. Dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do leite UHT (UAT). **Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Aprovar o REGULAMENTO TÉCNICO DE IDENTIDADE E QUALIDADE DA FARINHA DE TRIGO, conforme o anexo desta Instrução Normativa **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 4, 27 jun. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62 de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre regulamentos técnicos de produção, identidade, qualidade, coleta e transporte do leite. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 2011.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1: Brasília, DF, n. 62, p. 3, 30 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 38, de 19 de abril de 2018. Submete à Consulta Pública, pelo prazo de 60 (sessenta) dias, a contar da data da publicação desta Portaria, a proposta de Instrução Normativa, anexa, que estabelece os Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite tipo A. **Diário Oficial da União**: seção 1: Brasília, DF, n. 80. p. 17, 26 abr. 2018a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 53, de 1º de outubro de 2018. Aprova os Regulamentos Técnicos Mercosul de Identidade e Qualidade do leite em pó. **Diário Oficial da União**: seção 1: Brasília, DF, ed. 199, p. 11-12, 2018b.

CLINGER, C.; YOUNG, A.; PRUDENT, I.; WINTER, A. R. The influence of pasteurization, freezing, and storage on the functional properties of egg white. **Food Technology**, Chicago, v. 5, n. 4, p. 166-170. 1951.

CONFORTI, F.D. Cake Manufacture. *In*: ZHOU, W. (ed.); HUI, Y. H. (ed.). **Bakery Products Science and Technology**. 2. ed. Virginia, USA: Wiley Blackwell, 2014. cap. 32, p. 565-584.

COSTA, D. R. *et al.* **Manual Prático de confeitaria**. 1. ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2018.

CUNNINGHAM, F. E. Egg-Product Pasteurization. *In*: STADELMAN, W. J. (ed.); COTTERILL, O. J. (ed.). **Egg Science and Technology**. 4. ed. New York, USA: Routledge, 2013. cap. 12, p. 289-315.

DAMODARAN, S. Aminoácidos, Peptídeos e Proteínas. *In*: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**, 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 5, p. 179-262.

DESROCHERS, J. L.; SEITZ, K. D.; WALKER, C. E. CAKES | Chemistry of Baking. *In*: TRUGO, L. (ed.); FINGLAS, P. M. (ed.). **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. 2. ed. [S. l.]: Academic Press, 2003. p. 760-765.

EIWEGGER, T.; HUNG, L.; SAN DIEGO, K. E.; O'MAHONY, L.; UPTON, J. Recent developments and highlights in food allergy. **Allergy**, [S. l.], v. 74, n. 12, p. 2355-2367, 2019.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **FAOSTAT: Crops and livestock products**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: ago. 2021.

FIGUEIREDO, Erika Martins *et al.* Fisiologia da formação do ovo: um referencial teórico. *In*: GALATI, R. L.; QUEIROZ, M. F. S. **Inovações na nutrição animal [livro eletrônico]: desafios da produção de qualidade**. 1. ed. Guarujá, SP: Editora Científica, 2021. cap. 8, p. 107-126. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/books/978-65-89826-25-5.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

FOLGUEIRA, L. Os ovos de todas as aves são comestíveis? **SUPERINTERESSANTE**, [S. l.], 14 nov. 2019. atual. Disponível em: <https://super.abril.com.br/saude/os-ovos-de-todas-as-aves-sao-comestiveis/>. Acesso em: out. 2021.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L.B. **Princípios das Operações Unitárias**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1982.

GALLO, L. R. R. **Gel de chia: vida de prateleira e substituição de ovo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015. 69 f. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/19026>. Acessado em: set. 2021.

GANTOIS, I.; DUCATELLE, R.; PASMANS, F.; HAESBROUCK, F.; GAST, R., HUMPHREY, T.J.; IMMERSEEL, F. V. Mechanisms of egg contamination by *Salmonella* Enteritidis. **FEMS microbiology reviews**, Oxford, v. 33, n. 4, p. 718-738, 2009.

GISSLEN, W. Cake Mixing and Baking. *In*: GISSLEN, W. **Professional Baking**. 7. ed. [S. l.]: Wiley, 2017. cap. 16, p. 373-413.

HAEGENS, N. Pastries. *In*: ZHOU, W. (ed.); HUI, Y. H. (ed.). **Bakery Products Science and Technology**. 2. ed. Virginia, USA: Wiley Blackwell, 2014. cap. 34, p. 603-610.

HEDAYATI, Sara; MAZAHERI TEHRANI, Mostafa. Effect of total replacement of egg by soymilk and lecithin on physical properties of batter and cake. **Food Science & Nutrition**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 1154-1161, 2018.

JYOTSNA, R.; PRABHASANKAR, P.; INDRANI, D.; VENKATESWARA RAO, G. Improvement of Rheological and Baking Properties of Cake Batters with Emulsifier Gels. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 69, n. 1, p. SNQ16-SNQ19, 2004.

KIOSSEOGLU, V.; PARASKEVOPOULOU, A. Eggs. *In*: ZHOU, W. (ed.); HUI, Y. H. (ed.). **Bakery Products Science and Technology**. 2. ed. Virginia, USA: Wiley Blackwell, 2014. cap. 13, p. 243-258.

KUMAR, N. A.; RAO, U.J.S.P.; JEYRANI, T.; INDRANI, D. Effect of ingredients on rheological, physico-sensory, and nutritional characteristics of omega-3-fatty acid enriched eggless cake. **Journal of Texture Studies**, [S. l.] v. 48, n. 5, p. 439-449, 2017.

LABENSKY, S. R.; MARTEL, P. A.; VAN DAMME, E. **On Baking: A Textbook of Baking and Pastry Fundamentals**. 3. ed. atual. [S. l.]: Pearson, 2016.

LIN, M. *et al.* Development of eggless cakes suitable for lacto-vegetarians using isolated pea proteins. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 69, p. 440-449, 2017a.

LIN, M. *et al.* Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 299, p. 663-673, 2017b.

LINDSAY, R. C. Sabor. *In*: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**, 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 10, p. 499-536.

MARANGONI, A.; GOLDSTEIN, A.; SEETHARAMAN, K. Lipids: Properties and Functionality. *In*: ZHOU, W. (ed.); HUI, Y. H. (ed.). **Bakery Products Science and Technology**. 2. ed. Virginia, USA: Wiley Blackwell, 2014. cap. 12, p. 223-242.

MARIOTTI, M.; LUCISANO, M. Sugar and Sweeteners. *In*: ZHOU, W. (ed.); HUI, Y. H. (ed.). **Bakery Products Science and Technology**. 2. ed. Virginia, USA: Wiley Blackwell, 2014. cap. 11, p. 199-222.

MAZZUCO, H. Ovo: alimento funcional, perfeito à saúde. **Revista Avicultura Industrial**, [S. l.], v. 99, n. 1164, p. 12-16, 2008.

MCGREGOR, ROBERT. **Re: Viscosity [Correspondência eletrônica]**. Destinatário: Katie Jones. [S. l.], 2 jan. 2017. Disponível em: <https://bakerpedia.com/processes/viscosity/>. Acesso em: 14 fev. 2022.

MEURER, M.C.; SOUZA, D. D.; MARCZAK, L. D. F. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (*aquafaba*). **Journal of Food**

**Engineering**, [S. l.], v. 265, p. 109688, 2020. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109688>. Acesso em: jun. 2021.

MICHAELIS. **Michaelis Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. [S. l.]: Editora Melhoramentos, 2015. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/BOLO/>.

MILLER, R. Leavening Agents. *In*: CABALLERO, B. (ed.); FINGLAS, P. M. (ed.); TOLDRÁ, F. (ed.). **Encyclopedia of Food and Health**, [S. l.]: Academic Press, 2016. p. 523-528.

MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. São Paulo: Livraria Varela, 1999.

MOVAHHED, M. K. *et al.* The effect of different emulsifiers on the eggless cake properties containing WPC. **Journal of Food Science and Technology**, Índia, v. 53, n. 11, p. 3894-3903, 2016.

MUSTAFA, Rana *et al.* Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. **International Journal of Food Science & Technology**, [S. l.] v. 53, n. 10, p. 2247-2255, 2018.

O'BRIEN, R. D. **Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.

OLIVEIRA, D. A.; BENELLI, P.; AMANTE, E.R. Valorização de Resíduos Sólidos: Casca de Ovos como Matéria-Prima no Desenvolvimento de Novos Produtos. *In*: INTERNATIONAL WORKSHOP: ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. **Trabalhos [...]**. São Paulo: Universidade Paulista, 2009. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/second/ptbr/site/downloads.html>. Acesso em: 14 fev. 2022.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. v.2, Porto Alegre: Artmed, 2005.

OVOS MANTIQUEIRA. **Alergia ao ovo: o que é, quais as causas e como substituir na alimentação?** [S. l.], 30 jun. 2021. atual. Disponível em:  
<https://blog.ovosmantiqueira.com.br/alergia-a-ovo>. Acesso em: ago. 2021.

PALAV, T. S. Chemistry of Cake Manufacturing. *In*: WRIGLEY, C. (ed.); CORKE, H. (ed.); SEETHARAMAN, K. (ed.); FAUBION, J. (ed.). **ENCYCLOPEDIA OF FOOD GRAINS**. 2. ed. Oxford: Academic Press, 2016. v. 3, p. 367-374.

PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P.; NETO, A. R. O.; ALBINO, L. F. T. Ovos processados: produtos e mercado – revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**. Viçosa, v. 8, n. 2, p. 1499-1508, 2011.

PENHA, M. P. **Composição dos alimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: SESES, 2017.

PHILIPPI, S.T. **Nutrição e Técnica Dietética**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2006.

RAHMATI, N. F.; TEHRANI, M. M. Influence of different emulsifiers on characteristics of eggless cake containing soy milk: Modeling of physical and sensory properties by mixture experimental design. **Journal of Food Science and Technology**, Índia, v. 51, n. 9, p. 1697-1710, 2014.

SHAO, Y.; LIN, K.; CHEN, Y. Batter and Product Quality of Eggless Cakes Made of Different Types of Flours and Gums. **Journal of Food Processing and Preservation**, [S. l.], v. 39, n. 6, p. 2959-2968, 2015.

SILVA, P. G. **Substituição de ovos em bolos sem glúten por preparado vegetal: desenvolvimento, caracterização e aplicação tecnológica**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2020.

SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. Fluid Flow in Food Processing. *In*: SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. **Introduction to Food Engineering**. 4. ed. Oxford: Academic Press, 2009. cap. 2, p. 65-186.

SUBRAMANIAN, R. Shankar. Non-Newtonian Flows. **Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Clarkson University**, Potsdam, Nova York, 2002.

SVB (Sociedade Vegetariana Brasileira). **Pesquisa do IBOPE aponta crescimento histórico no número de vegetarianos no Brasil**. Sé, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.svb.org.br/2469-pesquisa-do-ibope-aponta-crescimento-historicono-numero-de-vegetarianos-no-brasil>. Acesso em: ago. 2020.

TACO (TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS). 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA, UNICAMP, 2011. 161 p.

THERDTHAI, N. Fermentation. *In*: ZHOU, W. (ed.); HUI, Y. H. (ed.). **Bakery Products Science and Technology**. 2. ed. Virginia, USA: Wiley Blackwell, 2014. cap. 18, p. 325-334.

WATSON, F.; STONE, M.; BAUER, L.; BUNNING, M. **Gluten-Free Baking**. Food and Nutrition Series. n. 9376. Fort Collins: Colorado State University, 2009.

WILDERJANS, Edith *et al.* Ingredient functionality in batter type cake making. **Trends in food science & technology**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 6-15, 2013.

YANG, X. Optimizing textural properties of soft solid foods: replacing eggs. *In*: DAR, Y. L. (ed.); LIGHT, J. M. (ed.). **Food Texture Design and Optimization**, New Jersey, EUA: John Wiley & Sons, 2014. cap. 3, p. 45-73.