



**NATHAN REZENDE FERREIRA**

**TECNOLOGIAS DE PÃES CONGELADOS: REVISÃO DE  
LITERATURA**

**LAVRAS – MG**

**2022**

**NATHAN REZENDE FERREIRA**

**TECNOLOGIAS DE PÃES CONGELADOS: REVISÃO DE  
LITERATURA**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Alimentos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Joelma Pereira

**LAVRAS – MG**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus e a todos meus amigos e familiares que de certa forma contribuíram positivamente durante minha jornada até o atual momento. Agradeço especialmente a Doutora Maria das Graças por ter acreditado em mim e pela oportunidade única de cursar a graduação dos sonhos em uma das melhores universidades do país. Agradeço também a minha amada avó Cecília e tia Sirlei, por todo o incentivo e por sempre estarem ao meu lado, em diversos momentos, sejam eles bons ou ruins. E por fim, mas não menos importante, agradeço imensamente a minha orientadora Joelma Pereira, por toda a representatividade, por ser luz em minha graduação e por me inspirar em diversos momentos dos quais me marcaram muito.

## RESUMO

A fabricação de pães é uma das tecnologias de produção de alimentos mais antiga, a qual está em constante crescimento e evolução, devido às mudanças nos hábitos sociais e demandas dos consumidores deste produto. O atual cenário político, econômico e social tem exigido do setor de panificação uma adaptação e reposicionamento no mercado. Um dos principais avanços nos últimos anos tem sido a implementação no setor de panificação de técnicas de congelamento e armazenamento congelado para a preservação da massa e do produto final. A tecnologia de congelamento permite um armazenamento mais prolongado do produto, podendo ser aplicada em diferentes fases do processo de produção de pães. Comumente, são realizados quatro tipos de tecnologia: massa crua congelada, massa pré-fermentada congelada, pão parcialmente assado e pão totalmente assado. Cada tecnologia apresenta características peculiares e possui vantagens e desvantagens. A escolha de qual utilizar vai depender das características e condições da indústria/padaria, e também do público alvo de cada produto. Dessa forma, esta revisão bibliográfica tem o objetivo de apresentar informações sobre as tecnologias de congelamento que são empregadas na produção de pães congelados. A metodologia utilizada foi a prospecção e seleção de artigos científicos pertinentes na área de ciência e tecnologia de alimentos. Foi possível identificar que o setor de panificação está em crescimento e se faz necessário alavancar pesquisas na área para o conhecimento geral da população. Ademais, o setor ainda necessita de cuidados e investimentos para um upgrade nas linhas de produção.

**Palavras-chave:** produção de pães; tecnologia de congelamento; ingredientes para pães.

## ABSTRACT

Bread manufacturing is one of the oldest food production technologies which is constantly growing and evolving due to changes in social habits and consumer demands for this product. The current political, economic and social scenario has required the bakery sector to adapt and reposition in the market. One of the main advances in recent years has been the implementation in the bakery sector of freezing and frozen storage techniques for the preservation of the dough and the final product. The freezing technology allows longer storage of the product and can be applied at different stages of the bread production process. Commonly, four types of technology are performed: frozen dough, pre-fermented frozen dough, partially baked bread, and fully baked bread. Each technology has peculiar characteristics and advantages and disadvantages. The choice of which to use will depend on the characteristics and conditions of the industry/bakery and also on the target audience of each product. Thus, this bibliographic review aimed to present information on the freezing technologies that are employed in the production of frozen bread. The methodology used was the prospection and selection of relevant scientific articles in the field of food science and technology. It was possible to identify that the bakery sector is growing and it is necessary to leverage research in the area to the general knowledge of the population. In addition, the sector still needs care and investments to upgrade production lines.

**Keywords:** bread production; freezing technology; ingredients for bread.

## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	7
<b>2. Objetivos</b> .....	8
<b>2.1. Objetivo geral</b> .....	8
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	8
<b>3. Metodologia</b> .....	9
<b>4. Desenvolvimento</b> .....	10
<b>4.1. Produção de pães</b> .....	10
<b>4.2. Tecnologia de congelamento</b> .....	13
<b>4.3. Histórico da produção de pães congelados</b> .....	15
<b>4.4. Ingredientes empregados na produção de pães congelados</b> .....	16
<b>4.4.1. Farinha de Trigo</b> .....	16
<b>4.4.2. Água</b> .....	17
<b>4.4.3. Fermento Biológico</b> .....	18
<b>4.4.4. Sal</b> .....	18
<b>4.4.5. Açúcar</b> .....	19
<b>4.4.6. Aditivos empregados</b> .....	19
<b>4.5. Processo geral de produção de pães congelados</b> .....	19
<b>4.5.1. Mistura dos ingredientes</b> .....	20
<b>4.5.2. Fermentação</b> .....	21
<b>4.5.3. Assamento</b> .....	21
<b>4.5.4. Armazenamento</b> .....	22
<b>4.6. Tecnologias de Congelamento Empregadas</b> .....	23
<b>4.6.1. Massa crua congelada</b> .....	24
<b>4.6.2. Massa pré-fermentada</b> .....	27
<b>4.6.3. Pão semi-assado congelado</b> .....	29
<b>4.6.4. Pão assado congelado</b> .....	31
<b>5. Considerações Finais</b> .....	32
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33

## **Introdução**

A produção de alimentos congelados e o seu consumo têm aumentado de forma significativa nos últimos anos, despertando interesse por parte das indústrias no que diz respeito aos processos de congelamento e no desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos. No setor de panificação ocorre o mesmo, devido principalmente ao aumento da busca do consumidor, nos últimos tempos, por um produto com mais frescor, com características sensoriais agradáveis independente do momento e/ou horário da compra (ŞİMŞEK, 2022).

O uso de tecnologias de congelamento vem de encontro com essa demanda dos consumidores, o que permite mudanças no setor, oferecendo assim maior flexibilidade na produção dos pães e redução do trabalho noturno dos padeiros. Esse conjunto de vantagens fez com que o uso do processo de congelamento de pães começasse a ganhar força no mercado por parte das indústrias de panificação (ADITIVOS&INGREDIENTES, 2016).

O processo de congelamento de produtos alimentícios é uma operação unitária na qual há a redução da temperatura do alimento, ficando abaixo do seu ponto de congelamento, acarretando modificação do estado da água, ou seja, a mesma é transformada em cristais de gelo. Sendo assim, ocorre imobilização da água livre que estava presente no produto, e conseqüentemente aumento da concentração dos solutos, causando assim redução na atividade de água do alimento (FELLOWS, 2000).

Os maiores grupos de alimentos que normalmente podem ser submetidos ao processo de congelamento e serem disponibilizados como congelados são: as frutas, na forma inteira ou em sucos concentrados, vegetais, produtos assados, como pães e bolos, carnes e alimentos preparados, como refeições completas, sobremesas, pizzas, dentre outros (DECOOK; CAPELLES, 2005).

A produção de pães congelados não é algo novo, porém, é considerado que se atingiu a maturidade recentemente, sendo uma importante ferramenta para o setor no sentido de ampliar a capacidade de produção e inovar, mantendo a qualidade dos produtos. O congelamento de pães permite produção em escala, reduz o tempo de desenvolvimento do produto, diminui o desperdício, além de otimizar a equipe e elevar os lucros, sem perder a qualidade dos pães (HEJRANI et al., 2019).

## **Objetivos**

### **2.1.Objetivo geral**

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre o processo de produção de pães congelados e quais as tecnologias de congelamento empregadas no setor de panificação.

### **2.2.Objetivos específicos**

I) Contextualizar historicamente a produção de pães no Brasil, bem como o faturamento do setor de panificação nos últimos anos;

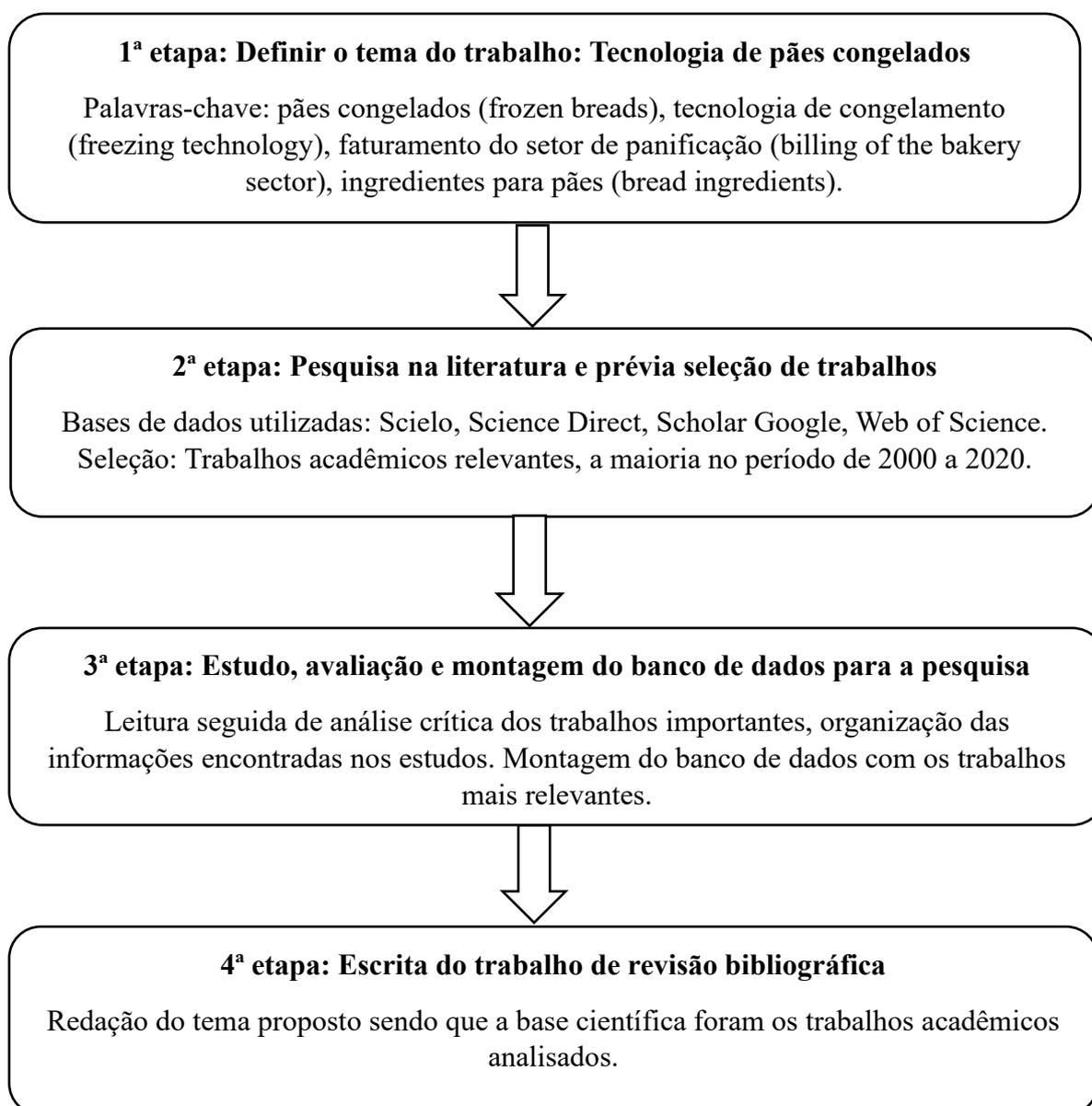
II) Apresentar informações sobre o processo de produção de pães congelados;

III) Apresentar as tecnologias de congelamento empregadas para a produção de pães congelados e suas peculiaridades.

## Metodologia

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica efetuada no período de dezembro de 2021 a março de 2022. O mesmo foi desenvolvido por meio de pesquisas realizadas em bases de dados, livros, dissertações, artigos científicos, dentre outros materiais considerados relevantes. De maneira geral, a busca de dados foi realizada empregando-se palavras-chave, em português e em inglês: pães congelados, tecnologia de congelamento, tecnologias de pães congelados, faturamento do setor de panificação, ingredientes empregados na fabricação de pães. As etapas que foram seguidas para o desenvolvimento do trabalho estão dispostas na Figura 1.

Figura 1. Metodologia empregada no presente trabalho.



Fonte: Do autor (2022).

## **4. Desenvolvimento**

### **4.1. Produção de pães**

Desde os primórdios o setor alimentício acompanha o homem, fato que ressalta a relevância do segmento para a economia do país, afinal de contas, a alimentação é primordial para uma vida humana satisfatória (AF NEWS, 2021). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, ABIA, o setor de alimentos e bebidas é considerado o maior do país, totalizando 10,6 % do PIB (Produto Interno Bruto). No ano de 2020, 1,6 milhão de empregos diretos e formais foram produzidos pela indústria de alimentos (ABIA, 2021).

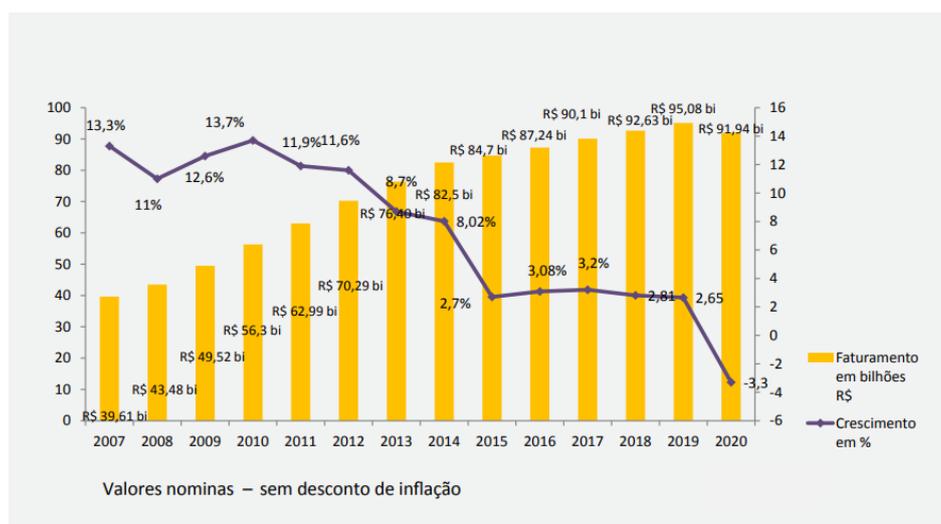
Dentre os maiores segmentos da indústria de alimentos brasileira, destaca-se o mercado de panificação. A história de amor entre o pão e o homem é bem antiga, datada de 4.000 anos antes de Cristo, no Egito, considerado como o “berço do pão moderno”, sendo o pão utilizado também como moeda de troca. Após séculos passarem, em junção com a contribuição gastronômica oriunda dos portugueses e com a imigração dos italianos para o Brasil, o pão ganhou espaço na mesa dos consumidores brasileiros. Foram esses imigrantes os responsáveis pela instalação de padarias, principalmente em São Paulo (MATUDA et al., 2008). Assim, o pão conquista cada vez mais a população, sendo este fato reforçado pelo Sebrae, onde o consumo per capita do brasileiro é de 22,61 kg de pães por ano (SEBRAE, 2017).

O Brasil possui aproximadamente 63,2 mil panificadoras, sendo que 60 mil são micro e pequenas empresas (SEBRAE, 2017; AF NEWS, 2021). A Associação Brasileira de Indústria de Panificação e Confeitaria (Abip) compartilhou os indicadores de performance do ano de 2020 nas panificadoras por meio de informações coletadas pelo Instituto Tecnológico de Panificação e Confeitaria (ITPC) com 50 empresas de oito estados brasileiros: São Paulo (SP), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Ceará (CE), Minas Gerais (MG), Espírito Santo (ES), Rio de Janeiro (RJ) e Pernambuco (PE). Apesar da pandemia do SARS-CoV-2 com os diversos decretos de suspensão das atividades, várias restrições acerca dos atendimentos presenciais e a crise econômica e social mundial que se acarretou, a Abip avaliou que o segmento conseguiu minimizar os impactos negativos enfrentados. Foi identificada queda no segmento de 3,3 % em 2020, desconsiderando a inflação. Observou-se também que o mercado de panificação conseguiu alcançar um faturamento de R\$91,94 bilhões em 2020 (ABIP, 2020).

De maneira geral, o segmento de panificação tem apresentado força relevante no Brasil nos últimos anos. Os profissionais deste setor têm apresentado resultados crescentes para a economia, por meio do emprego de novas tecnologias, técnicas de preparo e execução, além de investimentos em cursos profissionalizantes, com o objetivo de aperfeiçoamento dos processos (ABIP, 2020; ITCP, 2020).

Lamentavelmente, a pandemia do SARS-CoV-2 afetou negativamente o faturamento, fazendo com que caísse de R\$95,08 bilhões (2019) para R\$91,94 bilhões (2020). A Abip (2020) acredita que este valor tenha sido recuperado no ano de 2021, mas ainda não está disponível à contabilização. Na Figura 2 é possível identificar o faturamento em bilhões de reais e o crescimento em percentual ao longo dos anos de 2007 até 2020.

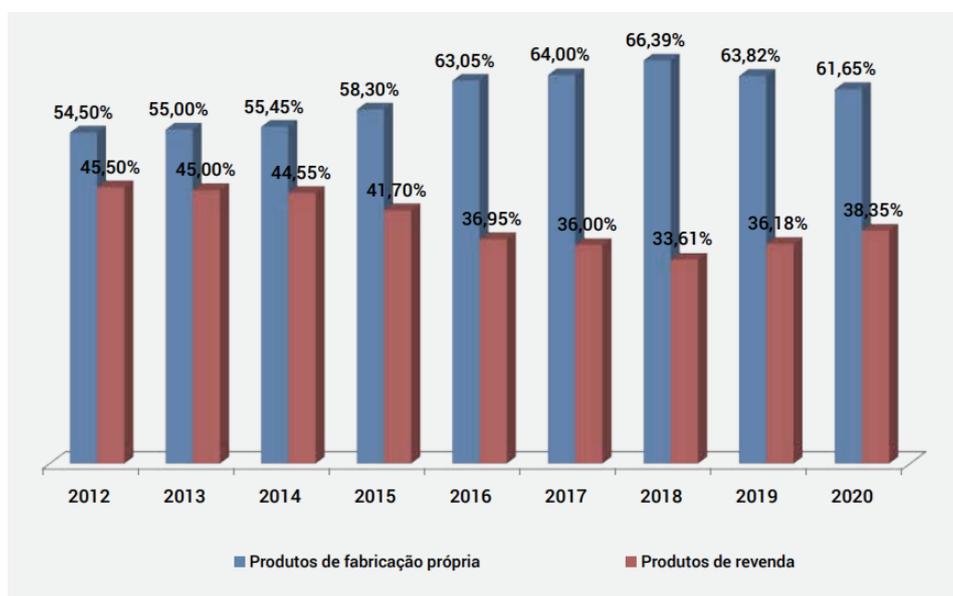
Figura 2. Faturamento e crescimento percentual de setor de panificação durante os anos de 2007 a 2020 no Brasil.



Fonte: ITCP (2020).

Por meio dos dados mostrados na Figura 3, também foi possível identificar uma evolução dos produtos de fabricação própria no faturamento das padarias avaliadas, entre os anos de 2012 a 2018, apresentando queda nos anos de 2019 e 2020. Os produtos de revenda apresentaram comportamento contrário. O faturamento da revenda apresentou evolução de 23,21 %, ao passo que a produção própria apresentou redução de 10,49 %, apesar de ser a grande responsável pelos faturamentos do segmento de panificação.

Figura 3. Crescimento dos produtos de fabricação própria e declínio de produtos de revenda durante os anos de 2012 a 2020 no Brasil.



Fonte: ABIP (2020).

Dentre todos os produtos de panificação produzidos nas padarias, o pão francês é o principal. As inovações e diversificações em sua tecnologia de fabricação são alternativas para o aumento da produção deste produto, garantindo sua qualidade satisfatória (AF NEWS, 2021; SEBRAE, 2017). Por muito tempo, o pão francês foi considerado como “vilão” para a saúde dos consumidores. Entretanto, um conjunto de ações deste setor, considerando indústrias de alimentos, padarias, associações pertinentes ao segmento, vêm ganhando força, apresentando o pão francês como uma ótima opção para o cotidiano, por oferecer energia, fibras, vitaminas e minerais, desde que consumido com moderação, assim como todos os alimentos. Existem outras opções, como o consumo de pães francês integral para quem busca alimentação mais balanceada.

Foi identificada redução de 3,40 % do volume de venda de pão francês no ano de 2020 (ABIP, 2020). É importante ressaltar que a última avaliação foi realizada em um momento atípico, onde todos os segmentos do ramo alimentício sofreram danos por razão da pandemia e que, apesar disso, foi observada uma recuperação importante pelo setor de panificação. Assim, é possível esperar boa recuperação nos números do ano de 2021 e uma projeção ainda melhor após o período de pandemia.

## 4.2. Tecnologia de congelamento

Dentre as operações unitárias existentes na indústria de alimentos, encontra-se a tecnologia de congelamento que consiste na redução da temperatura de um determinado alimento abaixo do seu ponto de início de congelamento, ocorrendo assim uma mudança do estado físico de uma parte da água presente no produto, formando assim cristais de gelo (ZAMBELLI, 2014). Essa operação tem o objetivo reduzir as velocidades que ocorrem as reações químicas, microbiológicas e enzimáticas, as quais são responsáveis pela deterioração dos produtos ao longo de sua vida de prateleira. Durante o processo, o calor é transferido para a superfície do produto, sendo assim removido através do ar frio (FELLOWS, 2006; ZAMBELLI, 2014).

No congelamento ocorre um aumento na concentração das substâncias dissolvidas na água que não está em sua forma congelada. O processo de desenvolvimento de cristais de gelo “prende” parte da água presente no alimento, em outras palavras, esse processo reduz a atividade de água do produto, interferindo assim em sua disponibilidade como solvente e limitando a difusividade de compostos químicos no produto. A combinação do emprego de baixas temperaturas com a redução da atividade de água resulta no prolongamento do tempo de armazenamento de produtos alimentícios (FELLOWS, 2006; ORDÓÑES PEREDA, 2005). Entretanto, é necessário um cuidado ao submeter o alimento ao processo de congelamento, de forma a controlar o tamanho dos cristais que serão formados durante esta etapa através da velocidade de congelamento empregado, a fim de se obter cristais de gelo pequenos (COLLA; PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2007; VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

Há duas formas de congelamento existentes: congelamento rápido e lento. Os produtos que são congelados rapidamente apresentam qualidade superior quando comparados aos congelados de forma lenta. Isso se deve ao fato de que o produto congelado lentamente há a formação de grandes cristais de gelo, os quais possuem formato pontiagudo que danificam o tecido celular, prejudicando assim a textura do produto. O congelamento rápido, por sua vez, acarreta na formação de cristais de gelo pequenos que apresentam bordas arredondadas, o que causará baixos danos no tecido celular do alimento (PARDI et al., 1995).

O uso de taxa de congelamento muito elevada pode resultar em estresse e, com isso, o rompimento dos tecidos de alguns tipos de alimentos. Ademais, durante o período de congelamento, acontecem alguns fenômenos no alimento que são associados à

formação de cristais com o aumento da concentração de solutos em solução e variação de volume, ocasionando assim consequências na qualidade do alimento (ORDÓÑEZ PEREDA, 2005). Os danos do congelamento ficam mais evidentes após a etapa de descongelamento, onde os produtos que foram submetidos ao congelamento lento possuem uma tendência a perder uma enorme quantidade de fluidos através de gotejamento, acarretando a redução da qualidade do alimento (CAUVAIN, YOUNG, 2009).

Além dos modelos de congelamento já discutidos, existe um terceiro chamado de ultracongelamento, o que consiste em processo mais rápido que os demais. De maneira geral, esse processo baseia-se em tempo e temperatura fixos, o que diferencia dos outros modelos citados anteriormente, os quais se baseiam em tempo e temperatura ideal para cada tipo de alimento. Ademais, independentemente de qual modelo de congelamento for empregado, é de extrema relevância que o alimento seja mantido na temperatura adequada de congelamento, sem variações, durante todo o período de armazenamento do produto (EVANGELISTA, 1994; ORDÓÑEZ PEREDA, 2005; CAMPOS, 2021).

No método de congelamento, existem algumas técnicas empregadas para a produção de pães, como congelamento por imersão, congelamento por ar forçado e congelamento por nitrogênio líquido e gás carbônico líquido (VENTURINI, 2005; BONA, 2002). O congelamento de massas cruas sem o processo de fermentação ou pães que já estão pré-assados tem o objetivo de atingir uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  no interior do alimento. Nesse processo, de acordo com Havet et al. (2000), a curva de congelamento característica de pão francês, por exemplo, segue a teoria da transferência de calor que ocorre em corpos cilíndricos, a qual diz que a velocidade da frente de congelamento é menor na superfície do corpo e tende a zero no centro do mesmo. Já no caso de geometrias cilíndricas, a resistência térmica aumenta enquanto as camadas de gelo são formadas; assim o volume a ser congelado é cada vez menor, da maneira que a frente de congelamento aumenta quando se afasta da superfície (ROUILLE; LE BAIL; COURCOUX, 2000; ZAMBELLI, 2014).

Entretanto, no processo de congelamento de pães, não há a formação de camadas de gelo, ou seja, o diâmetro do produto permanece constante. O tempo que se faz necessário para o congelamento é relacionado com a temperatura desejada no centro do alimento, em outras palavras, com a condição e tipo do material e as condições do meio em que está inserido (BÁRCENAS; ROSELL, 2006). A temperatura de congelamento normalmente utilizada está na faixa de  $-30$  e  $-40^{\circ}\text{C}$ , (BÁRCENAS; ROSELL, 2006;

ZAMBELLI; 2014). O processo de congelamento acarreta em modificações no volume do produto, considerando que o gelo é, em média, 9% maior do que a água pura (CAMPOS, 2021). Esse processo de congelamento, se for a tecnologia de congelamento rápido, permite a formação de uma crosta na superfície dos alimentos, o que evitará uma posterior expansão. Há também a possibilidade de danos físicos na estrutura molecular devido ao formato dos cristais de gelo formados, conforme já discutido anteriormente.

### **4.3.Histórico da produção de pães congelados**

Considerando a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, pão é “o produto obtido da farinha de trigo e/ou outras farinhas, podendo conter outros ingredientes que não descaracterize o produto. Os pães podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos com substâncias que caracterize o produto (BRASIL, 2005).

A panificação é considerada uma das artes culinárias mais antigas. Há indícios de que o pão foi o primeiro alimento a ser processado pelo homem através de uma matéria-prima natural (GUERREIRO, 2006; MORAES, 2014). O emprego de novas tecnologias no processo de fabricação dos pães são alternativas para suprir a demanda dos consumidores. Dentre essas tecnologias, encontra-se o uso do congelamento, vindo de encontro da exigência dos consumidores por pães “frescos”, independentemente do horário da compra, permitindo assim maior flexibilidade de produção e redução do trabalho noturno nas padarias (MORAES, 2014).

Os primeiros testes e experimentos ocorreram na Áustria, no ano de 1926, empregando baixas temperaturas para o retardo da fermentação da massa, visando diminuir o trabalho noturno (SLUIMER, 1981). O mercado de massa congelada para o desenvolvimento e produção de pães não obteve sucesso nas décadas de 1950 e 1960. Isso se deu devido a diversos fatores, especialmente à baixa vida de prateleira do produto e o seu procedimento de preparo, que muitas vezes é considerado inadequado, quando o pão congelado é vendido diretamente para o consumidor.

Todavia, nos Estados Unidos, o uso de massa congelada começou a ganhar popularidade com a abertura de uma nova linha de mercado, onde se encontravam as padarias de grandes redes de supermercado, a partir da década de 1970 (VETTER, 1979; MORAES, 2014). Devido à inexistência de equipamentos adequados na época, eram empregados congeladores de sorvetes e misturadores de cimento (JACKEL, 1991).

Assim, é possível observar o crescimento rápido do mercado de produtos de panificação congelados, levando ao desenvolvimento de pesquisas e estudos para a sua aplicação em todo o mundo. Já no Brasil, essa tecnologia é considerada recente e ainda é pouco estudada.

#### **4.4. Ingredientes empregados na produção de pães congelados**

O desenvolvimento de pães congelados, independentemente da tecnologia empregada para a fabricação, não possui uma grande diferença no que diz respeito aos ingredientes utilizados quando comparado à produção convencional de pão. Dessa forma, para a produção de pães congelados, são utilizados os mesmos ingredientes considerados essenciais: farinha de trigo, água, sal e fermento biológico. Entretanto, o processo, dependendo da temperatura da região, exige o uso de gelo ou água gelada e emprego de fortificantes, melhoradores de farinha os quais irão auxiliar no processo e garantir a qualidade dos produtos desenvolvidos.

##### **4.4.1. Farinha de Trigo**

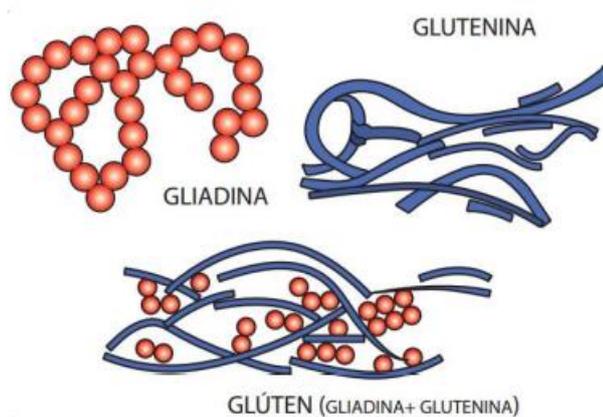
A farinha de trigo possui em sua composição amido (70 a 75%), água (12 a 14%), proteínas (8 a 16%) e outros compostos de menor quantidade, sendo os polissacarídeos não amiláceos (2 a 3%), lipídeos (aproximadamente 2%) e cinzas (cerca de 1%), como que podem ocorrer variações de acordo com o tipo de cultivar (SCHEUER et al., 2011). Notoriamente, o principal ingrediente do pão é a farinha, sendo considerada elemento fundamental da indústria de panificação, a qual é capaz de desenvolver uma estrutura elástica quando a mesma é misturada com água e essa função é exercida pelo glúten. De maneira geral, essa massa retém os gases oriundos do processo de fermentação, resultando na textura e estrutura características do pão (MORAES, 2014).

Essas características da farinha de trigo estão diretamente relacionadas as proteínas existentes em sua composição, chamadas de gliadinas e gluteninas. As gliadinas são proteínas globulares e pequenas que, na presença de água, formam uma estrutura pegajosa e viscosa. Já as gluteninas são proteínas de estrutura longa que, na presença de água, formam uma estrutura elástica e tenaz (GIANNOU; KESSOGLOU; TZIA, 2003). Essas proteínas, ao serem misturadas com os demais ingredientes para a fabricação de pães, formam o glúten, o qual confere as características típicas do produto, como

viscosidade e elasticidade, bem como a estrutura que retém o gás produzido durante a fermentação e confere assim a conformação do pão (MARQUITO, 2014).

A formação da estrutura do pão ocorre quando há a mistura da farinha de trigo, água e os outros ingredientes, junto a um processo mecânico nessa mistura. A estrutura do glúten é formada na medida que começa a interação da água com as proteínas insolúveis presentes na farinha que formam o glúten, a glutenina e a gliadina (Figura 4). O glúten é o responsável pelas características de elasticidade, extensibilidade, viscosidade e retenção do gás formado durante a fermentação, as quais contribuem para a estrutura e aparência do pão (CAPRILES; ARÊAS, 2011).

Figura 4. Formação da estrutura do glúten.



Fonte: BRANDÃO, LIRA (2011).

#### 4.4.2. Água

A água apresenta papel extremamente importante para a produção de pães, facilitando o processo e regulando a umidade e durabilidade do produto (PIZZINATO; ORMENESE, 1996). A água possui várias funções, sendo algumas delas a capacidade de hidratar a farinha de trigo, permitindo a formação da rede de glúten, dissolver os ingredientes da mistura e auxiliar na temperatura da massa, uma vez que a massa aquece devido a fatores como temperatura ambiente e o trabalho mecânico (SOUSA, 2012). Ademais, água também atua como plastificante, permitindo que durante o cozimento ocorra o processo de gelatinização do amido (SOUSA, 2012).

#### 4.4.3. Fermento Biológico

Dentre os ingredientes empregados no processo de produção dos pães, o fermento é de grande relevância para a obtenção da massa com as características desejadas. O fermento biológico nada mais é que microrganismos vivos capazes de se desenvolverem em matrizes alimentares, fornecendo características típicas para cada produto a ser desenvolvido. No caso da produção de pães francês, o fermento é constituído de um microrganismo, a levedura denominada *Saccharomyces cerevisiae*, a qual possui as funções, de crescimento da massa e conseqüentemente sua aeração, tornar os pães produtos mais digestivos e nutritivos e melhorar as características sensoriais dos mesmos (ARAÚJO et al., 2008).

As leveduras do fermento podem ser produzidas de diversas maneiras, creme, congelada, encapsulada, grânulos e comprimida. A forma de obtenção vai depender de acordo com as necessidades específicas de cada processo de produção e as suas condições, tais quais clima, metodologia e tecnologia empregados, bem como armazenamento e transporte (CAUVAIN; YOUNG, 2002; LAAKSONEN, 2001).

A principal função do fermento é a conversão dos açúcares fermentáveis presentes na massa do pão nas substâncias etanol e gás carbônico, o qual é o responsável pelo crescimento da massa do pão. Ademais, o fermento também possui influência nas propriedades reológicas da massa, o que irá torna-la elástica e porosa, o que é considerado digestível e nutritivo após o processo de cozimento (MORAES, 2014).

#### 4.4.4. Sal

De acordo com Moraes (2014), o sal possui algumas funções importantes para o processo de produção. O pão sem sal é um produto totalmente insípido, cuja aceitação só é satisfatória entre consumidores com necessidades de produtos sem sal, ou seja, uma das principais funções do sal é contribuir para com o sabor satisfatório do produto. Em alguns processos de fabricação, a etapa de fermentação apresenta dificuldades no controle de seus parâmetros, fazendo com que o uso do sal auxilie no controle do processo, diminuindo a taxa de fermentação. De maneira geral, o sal também fortalece a estrutura do glúten através de associações, também chamadas de pontes salinas, com as proteínas e controle das enzimas proteolíticas.

#### **4.4.5. Açúcar**

Alguns autores evidenciam que o açúcar seja considerado um ingrediente complementar no processo de produção dos pães, o qual apresenta função de aprimorar a maciez e a textura dos produtos que o possuem em sua produção. De maneira geral, sua importância na fabricação de pães pode ser relacionada a duas funções. Primeiramente, esse ingrediente servirá como fonte de carboidratos/energia para o fermento empregado na fabricação, ou seja, pães com baixos níveis de açúcar em sua composição apresentam volumes menores devido à baixa produção de gás oriunda da fermentação das leveduras presentes no fermento. Em segundo, esse ingrediente contribui para com o sabor e aroma do produto, uma vez que acontecerá a Reação de Maillard, ocasionando características sensoriais agradáveis ao consumidor (PAVANELLI, 2000).

#### **4.4.6. Aditivos empregados**

De acordo com a legislação vigente, o Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro entende-se por aditivo alimentar “qualquer substância não consumida habitualmente como gênero alimentício em si mesma e habitualmente não utilizada como ingrediente característico dos gêneros alimentícios, com ou sem valor nutritivo, e cuja adição intencional aos gêneros alimentícios, com um objetivo tecnológico na fase de fabrico, transformação, preparação, tratamento, embalagem, transporte ou armazenagem, tenha por efeito, ou possa legitimamente considerar-se como tendo por efeito, que ela própria ou os seus derivados se tornem direta ou indiretamente um componente desses gêneros alimentícios”.

Na fabricação de pães, são empregados alguns aditivos alimentares que possuem funções características. De maneira geral, os aditivos utilizados são aqueles melhoradores/fortificantes de farinha, sendo que os mais comuns são os agentes emulsionantes, oxidantes, reguladores de acidez e estabilizadores (GIANNOU; KESSOGLOU; TZIA, 2003).

#### **4.5. Processo geral de produção de pães congelados**

De forma geral, o processo de fabricação de pães congelados consiste nas seguintes etapas: primeira etapa é a mistura dos ingredientes a serem utilizados, seguida

da etapa de fermentação da massa e, por fim, a etapa de cozimento. No processo de produção convencional, a massa pode ser obtida pelos métodos: direto e indireto. O método direto consiste na mistura dos ingredientes em uma única etapa, onde a ordem de incorporação de cada ingrediente depende do equipamento e do produto. Já o segundo método consiste na esponja, no qual os ingredientes são misturados em duas etapas, na primeira o fermento é misturado com certa quantidade de farinha e água e após descanso dessa mistura por determinado tempo, o restante dos ingredientes é incorporado a mistura (GIANNOU; KESSOGLOU; TZIA, 2003; ZAMBELLI, 2015).

A atual produção de massas congeladas é realizada por meio de processos mecanizados, de forma a obter produtos padronizados e com redução de custos de produção, os quais são elevados quando comparados com a produção convencional, devido à manutenção da cadeia de frio ao longo de toda a vida de prateleira do produto (CAUVAIN, YOUNG, 2009). Com relação aos métodos de congelamento, o que irá diferenciar um método de outro é onde a etapa de congelamento será empregada, caracterizando qual a tecnologia de congelamento foi utilizada para a produção dos pães (ZAMBELLI, 2015, MATUDA, 2008).

#### **4.5.1. Mistura dos ingredientes**

Considerada a primeira etapa do processo de fabricação de pães, a fase de mistura dos ingredientes tem por objetivo a obtenção de uma massa praticamente homogênea para que seja desenvolvida a estrutura do glúten. A primeira fase dessa mistura é a hidratação das proteínas que, a partir desse momento, começam a interagir entre si e com os demais constituintes ali presentes, como os lipídeos, polissacarídeos não amiláceos, sais e o amido, formando assim a rede de glúten.

Essa fase é responsável por misturar os ingredientes do processo, além de hidratar os componentes da farinha e desenvolver a matriz, de forma a criar uma massa elástica e lisa com capacidade de se expandir e reter o gás que será formado durante a etapa de fermentação das leveduras. Ocorre também a incorporação de ar na massa do pão na forma de bolhas, as quais constituem a base da estrutura do miolo (KTENIOUDAKI et al., 2013). Considerando as características estruturais e reológicas, de acordo com Gómez et al. (2011), o tempo utilizado nesta etapa de mistura pode determinar qual o tipo de massa que será formada, ou seja, quanto maior o tempo empregado, pode acarretar na formação de uma massa com menor consistência e mais lisa, uma vez que ocorre a quebra

das ligações dissulfeto durante o processo de despolimerização que acontece durante essa fase.

Durante essa etapa, também ocorre a ativação de enzimas oxidativas presentes naturalmente na farinha, devido ao processo de incorporação de água e oxigênio na massa, afetando assim os componentes fitoquímicos presentes, como fenóis, carotenóides, dentre outros (KTENIOUDAKI et al. 2013). A enzima lipoxigenase, através da presença do oxigênio incorporado no processo de mistura, oxida os compostos presentes na farinha, como ácido linoleico, linolênico e os caratenóides, sofrendo assim grande perda e causando um branqueamento da farinha e conseqüentemente obtendo um pão mais branco (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2009; HIDALGO; BRANDOLINI, 2010; KTENIOUDAKI et al., 2013).

#### **4.5.2. Fermentação**

O processo fermentativo é iniciado após a mistura dos ingredientes com um período de descanso da massa do pão, fase na qual a massa cresce e atinge as condições satisfatórias para a etapa seguinte de cozimento (KTENIOUDAKI et al., 2013). Essa fase tem como objetivo a produção de gás carbônico, auxiliar e complementar o desenvolvimento do glúten e a produção de sabor e aroma na massa. O gás produzido pelo processo de fermentação das leveduras é difundido pela massa, ou seja, é aprisionado pela estrutura do glúten formada na etapa anterior (GUERREIRO, 2006; KTENIOUDAKI et al., 2013).

Na etapa de fermentação também ocorrem outros processos. Um deles é a metabolização dos açúcares pela ação do fermento, elevando assim a acidez da massa. Há também ação de enzimas proteolíticas, oriundas das leveduras, nas proteínas, resultando em peptídeos menores que serão utilizados no metabolismo desses microrganismos, de forma que as peptidases convertem os peptídeos em aminoácidos, os quais contribuem para o desenvolvimento de sabor e aroma do produto. De certa forma, essa quebra das cadeias de proteína favorece a sua interação com a rede de glúten (GUERREIRO, 2006).

#### **4.5.3. Assamento**

A gelatinização do amido nada mais é que a perda da estrutura cristalina original dos grânulos de amido, situação que ocorre mediante a ação de temperatura e umidade

satisfatórias. De maneira geral, os grânulos absorvem a água e incham sua estrutura, o que causa uma destruição da sua estrutura de forma irreversível. As cadeias de amilose migram para fora dos grânulos, e em contato com a água acabam formando estruturas gelatinosas. Sendo assim, o processo de gelatinização do amido aumenta a digestibilidade deste composto (COPELAND et al., 2009; RONAYNE et al., 2009).

É verificado, no início do processo de assamento, um aumento do volume da massa devido a duas situações. A primeira é o fato de a levedura estar mais ativa com o aumento da temperatura, mesmo que por curto espaço de tempo, produzindo assim elevadas taxas de gás carbônico. A segunda é o processo de expansão que o gás sofre em razão do aumento da temperatura e a passagem do vapor de água na parte interna da massa (RONAYNE et al., 2009).

Quando o processo atinge temperaturas próximas de 60°C, a levedura cessa suas atividades e se inicia o processo de gelatinização do amido. Aproximadamente em 70°C ocorre a desnaturação proteica, fazendo com que a rede de glúten desnature, formando uma estrutura rígida e porosa, liberando água (GUERREIRO, 2006; ROSELL, 2010). O processo de cozimento em si da massa ocorre acima de 200°C, sendo associadas a essa etapa as reações de caramelização e Maillard (HIDALGO; BRANDOLINI, 2011). A reação de Maillard aumenta a capacidade oxidante no pão já cozido, principalmente nos compostos presentes na crosta, quando comparados ao miolo do produto. É verificado que o processo de cozimento não afeta os compostos fenólicos, entretanto é responsável pela perda de 15 a 20% de vitaminas do complexo B e de 50% especificamente da tiamina (RONAYNE et al., 2009; KTENIOUDAKI et al., 2013).

#### **4.5.4. Armazenamento**

A etapa de armazenamento dos pães também apresenta importância para o produto e sua qualidade. Dessa forma, consiste na permanência do pão congelado em baixas temperaturas (-18°C), devendo sempre atentar-se ao período de armazenamento que seja adequado para cada tipo de produto, não ultrapassando o limite determinado, além de possuir controle da temperatura para que não ocorra nenhuma variação durante o período de armazenamento (ZAMBELLI, 2014). O decréscimo da qualidade depende de fatores como o tamanho da peça de massa, quantidade de fermento utilizada e a temperatura (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

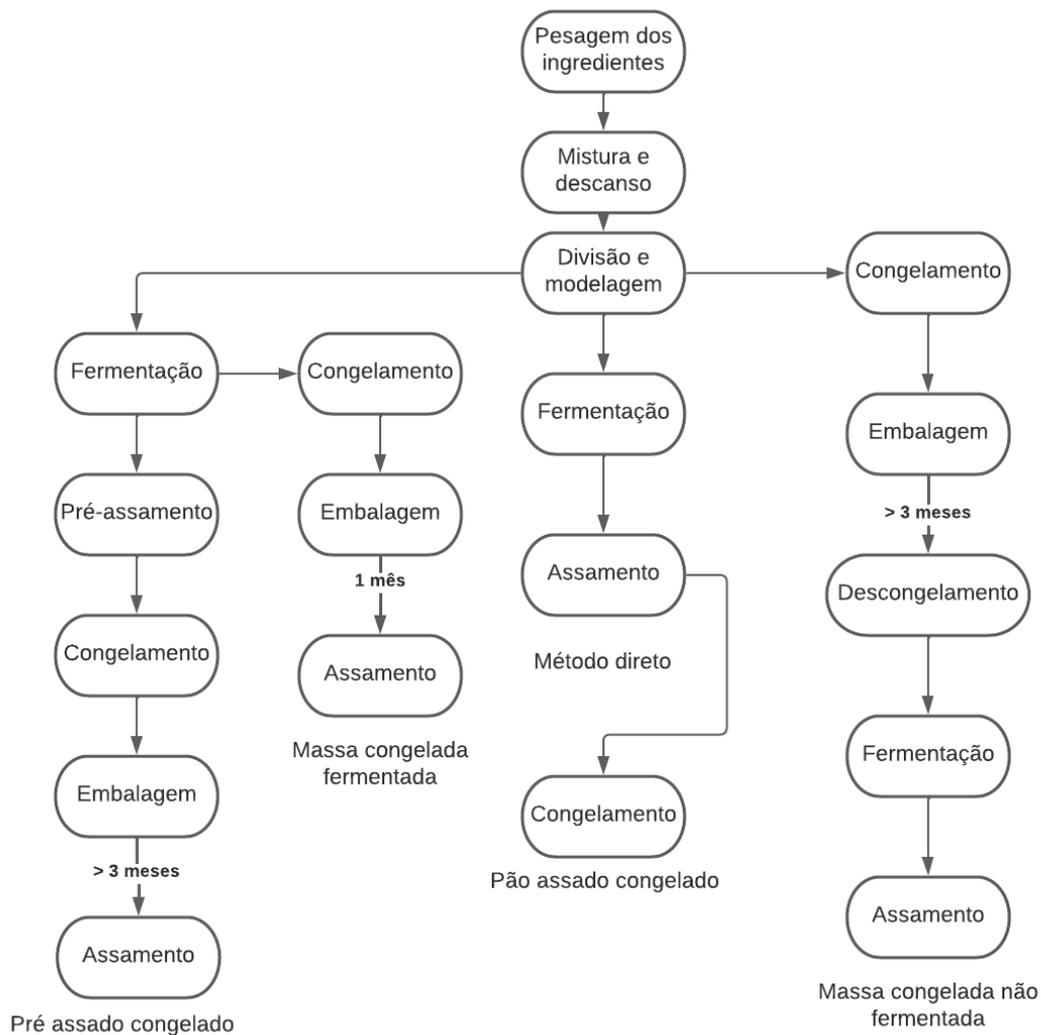
Estudos demonstram que em poucos dias de armazenamento não há células viáveis na massa. Dessa forma, a mesma terá capacidade de expansão reduzida nos primeiros estágios da etapa de assamento quando a mesma é necessária após o armazenamento. A atividade enzimática pode estar ativa dependendo da temperatura empregada. A ação da enzima alfa-amilase pode ocasionar o enfraquecimento da estrutura da massa, levando a perda da retenção de gás e perda da qualidade do produto final. Assim, a temperatura de armazenamento é um fator relevante que requer cuidado, sendo mantida a mais baixa possível (MATUDA et al., 2008).

Além do armazenamento congelado, o descongelamento é feito no estabelecimento de venda. A etapa de descongelamento é necessária para que ocorra a reidratação do fermento e do glúten, melhorando a performance da massa durante as etapas que prosseguem a produção. Se faz necessário definir as condições de tempo e temperatura para evitar a condensação de água na superfície da massa de pão, além de garantir que toda a estrutura da massa seja descongelada e assim ter uma temperatura homogênea na etapa de assamento, o que evita miolo cru e casca tostada (ZAMBELLI, 2015). O emprego de ar quente (40 °C) no auxílio ao descongelamento favorece a qualidade satisfatória final do pão (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

#### **4.6. Tecnologias de Congelamento Empregadas**

A tecnologia de congelamento pode ser aplicada em diferentes etapas do processamento da produção de pães, garantindo particularidades para cada pão produzido: massas cruas congeladas, massa pré-fermentada, pão semi-assado congelado e pão assado congelado (ROSELL, 2010). Para cada tecnologia empregada há vantagens e inconveniências (PURATOS, 2008; ZAMBELLI, 2014; ROSELL, 2010). Na Figura 5 é possível comparar os diferentes métodos de produção de pães.

Figura 5. Diagrama comparativo dos diferentes processos gerais de produção de pães e congelamento



Fonte: adaptado de Matuda et al. (2008).

#### 4.6.1. Massa crua congelada

A massa congelada é amplamente empregada na indústria de panificação devido à sua conveniência de transporte e armazenamento (HONG et al., 2022), além de apresentar disponibilidade constante de produtos frescos, uniforme de qualidade e padronização (SANG et al., 2018). A tecnologia de massa crua congelada é considerada a mais básica. Os ingredientes são misturados à farinha e água para desenvolver a massa, a qual é dividida depois, modelada e congelada. Para finalizar a produção, a massa é descongelada, fermentada e assada (PURATOS, 2008). Essa tecnologia permite que seja

padronizado o processo de fabricação do pão, além de garantir qualidade estável do produto e melhoria da eficiência do trabalho (HONG et al., 2022; WANG, et al., 2017a; ASGHAR; ANJUM; ALLEN, 2011).

É necessário observar dois pontos importantes, considerando o ponto de vista tecnológico. Deve-se manter a viabilidade do fermento, ou seja, é preciso limitar a perda da atividade do fermento devido ao dano que é provocado pelo processo de congelamento e estocagem a frio (PURATOS, 2008). Para que ocorra o processo de fermentação após a etapa de descongelamento, o fermento deve ter sobrevivido e estar em condições viáveis para produzir gás carbônico nesta etapa. Impedir o crescimento das leveduras é considerada uma alternativa para que a taxa de sobrevivência seja a mais elevada possível, além de conduzir às etapas de batimento da massa, divisão e modelagem em baixas temperaturas (preferencialmente entre 18 °C a 21 °C). Para o controle da temperatura se faz necessário o uso de água gelada e termômetro para monitoramento (CAUVAIN; YOUNG, 2009; ZAMBELLI, 2015). Isso se deve ao fato de que quando a célula do fermento se encontra em estado de “dormência”, a mesma apresenta maior resistência a temperaturas negativas (HONG et al., 2022).

No caso desta tecnologia, há uma quantidade grande de água a ser congelada, resultando em uma maior transferência de calor (ZAMBELLI et al, 2014; XU et al., 2022). Conforme já discutido anteriormente, a formação de cristais pontiagudos e grandes, através do congelamento lento, deve ser evitada. É preferível que seja empregado o ultracongelamento com uma maior ventilação, permitindo que a água presente nos pães não se cristalice em micropartículas (ROUILLE; LE BAIL; COURCOUX, 2000; ZAMBELLI et al, 2014). Sendo assim, pode ser realizada uma otimização dos atributos de velocidade e temperatura de congelamento, de forma a reduzir o impacto e conseqüentemente a morte do fermento. Entretanto, é impossível evitar totalmente os danos causados pelo processo de congelamento, sendo assim a dosagem do fermento na massa crua congelada deve ser elevada em 50 % a 100 % quando comparado ao método de fabricação direta sem o emprego do congelamento (PURATOS, 2008).

Outro ponto a ser observado é a produção de gás carbônico e a capacidade de retenção do mesmo, ou seja, ele deve ser retido dentro da massa crua de forma a obter um volume adequado para a produção do pão. O processo de congelamento e, conseqüentemente, a formação dos cristais de gelo e os processos de crescimento e recristalização danificam consideravelmente a rede de glúten, o que necessita de mais cuidado (ASGHAR; ANJUM; ALLEN, 2011). Como alternativa para proteger a rede de

glúten do produto de forma que essa rede suporte todo o processo de congelamento, está o emprego adequado de enzimas e agentes antioxidantes que agem em temperaturas mais baixas, além do uso de hidrocoloides que ajudam na retenção de água. A qualidade da farinha e conseqüentemente do glúten deve ser elevada, para que assim possa se obter pães de massas congeladas com qualidade satisfatória de modo a suprir as demandas dos consumidores (ZAMBELLI et al, 2014; XU et al., 2022).

Apesar das inúmeras vantagens da massa congelada, a massa gradualmente se deteriora durante o armazenamento, resultando em atributos de má qualidade (YANG et al., 2019; YU et al., 2020). A princípio, a perda da atividade da levedura empregada e deterioração da rede de glúten, devido a recristalização de cristais de gelo, contribuem para a perda da qualidade da massa (PARK et al., 2016). Ou seja, nem gás é produzido suficientemente, nem a capacidade adequada de retenção de gás da proteína do glúten é mantida em processo de fermentação da massa congelada, resultando assim em uma forma plana indesejável, com pequeno volume e textura firme de produtos assados (BAIER-SCHENK et al., 2005; YI et al., 2009; Lu et al., 2021; HONG et al., 2022). Alguns autores indicaram como alternativa para esse processo o emprego de fermento químico devido ao seu poder de gaseamento estável, aliviando a perda da atividade da levedura (BELLIDO et al., 2008; WANG et al., 2017a).

Entretanto, a previsão e modelagem dos indicadores de qualidade para a qualidade da massa congelada são considerados desafiadores (WANG et al., 2017b). De acordo com algumas pesquisas, Phimolsiripol (2008) descobriu que a vida de prateleira da massa congelada sob uma temperatura constante de armazenamento congelado era de pelo menos quatro semanas a mais do que a massa armazenada em temperaturas flutuantes, evidenciando assim o cuidado necessário nesta etapa de armazenamento, afim de garantir a qualidade do produto final. Com relação a qualidade da etapa de cozimento da massa congelada, Giannou e Tzia (2007) sugeriram que o comportamento das propriedades de textura do pão final poderia ser previsto efetuando cálculos simples usando dados de compressão de massa. Hong et al. (2022) avaliou o efeito do campo magnético estático na qualidade da massa de pão congelado. Os autores concluíram que o campo magnético protegeu significativamente a massa congelada contra danos congelantes e manteve a qualidade final do pão produzido com massa congelada nos parâmetros de volume específico, dureza e textura de migalhas. Xu et al. (2022) avaliaram como o amido na massa congelada afetou os atributos de qualidade do pão cozido e concluíram que o tratamento repetido de congelamento pode ocasionar a dissociação, descontração e/ou

amortização da estrutura molecular do amido e outras destruições estruturais, as quais podem promover a entrada de moléculas de água no interior do grânulo, além de facilitar as interações e arranjos das cadeias de amido, aumentando assim a viscosidade da pasta.

#### **4.6.2. Massa pré-fermentada**

Esta tecnologia é considerada um pouco mais complexa. A massa do pão é batida, dividida, modelada e fermentada antes de ser submetida ao processo de congelamento propriamente dito (PURATOS, 2008). O uso de massa pré-fermentada congelada oferece uma oportunidade de atender a qualidade do produto e a produção econômica de pães (CURIC et al., 2008). Desde a primeira vez que esta tecnologia foi implantada, a qualidade da massa aumentou consideravelmente, entretanto, ainda há um enorme potencial de melhoria de processos (ROSELL, GÓMEZ, 2007).

Com a interrupção do processo de fermentação durante a fabricação do pão e o congelamento da massa pré-fermentada oferece algumas vantagens, como não sendo necessária uma mão-de-obra especializada na etapa de finalização do produto, uma vez que o mesmo já se encontra fermentado, bem como interesses tecnológicos, tais como aproveitamento da atividade enzimática enquanto a fermentação é inibida, processo também chamado de amadurecimento da massa (GABRIC et al., 2011; FRAUENLOB et al., 2017). Essa interrupção do processo de fermentação e redução da temperatura é considerada positiva para a estrutura da massa e para o aroma do pão produzido (GABRIC et al., 2011).

Com a massa já fermentada, não se faz necessário que o fermento esteja viável após o período de armazenamento congelado. As condições de desenvolvimento e o processo de fermentação se assemelham ao processo de fabricação realizado de forma direta, sem o emprego da etapa de congelamento (ZAMBELLI, 2015; RASANEN, 2004). Sendo assim, o objetivo é reduzir os danos que são causados na rede de glúten pelos cristais de gelo formados no congelamento (PURATOS, 2008). Possíveis desvantagens dessa tecnologia são uma redução do volume do pão, falta de textura devido a estrutura desintegrada de migalhas, além da desidratação da crosta do pão, acarretando em descamação de partes da crosta (ROSELL, 2010; FRAUENLOB et al., 2017).

A qualidade dos pães produzidos com o emprego dessa tecnologia é influenciada pela formulação da massa, assim como parâmetros de processamento, tais como tempo de mistura de massa, taxa de congelamento, tempo de armazenamento e taxa de

descongelamento (NEYRENEUF, DELPUECH, 1993; LE BAIL, 1998; GABRIC et al., 2011). Ao que parece, esses fatores podem agir de forma independente ou sinergicamente reduzindo a atividade das leveduras, resultando assim em baixa produção de gás carbônico ou dano à rede de glúten (acarreta na baixa retenção de gás), além de baixo desempenho de cozimento (GABRIC et al., 2011).

Da mesma forma que na tecnologia de massa crua congelada, a qualidade da farinha empregada na produção do pão nesta tecnologia de congelamento da massa pré-fermentada também deve ser um atributo importante a ser observado, ou seja, é necessário utilizar uma farinha forte com elevada qualidade do glúten (ZAMBELLI, 2014). Ademais, é necessária uma menor dosagem de água e emprego de gomas para que seja possível controlar a quantidade e a mobilidade da água presente na massa, o que vai afetar na formação e crescimento dos cristais de gelo no processo de congelamento e na etapa de armazenamento do produto (PURATOS, 2008). Com relação à velocidade da etapa de congelamento, é necessário que sejam empregadas velocidades mais altas para favorecer a formação de cristais de gelo que sejam menores, reduzindo os danos na estrutura do glúten (FRAUENLOB et al., 2017).

O congelamento da massa pré-fermentada é um processo considerado desafiador, pois a massa fermentada possui uma estrutura frágil (GABRIC et al., 2011). Quando o congelamento é aplicado, acaba reduzindo a pressão interna das células de gás contidas na massa, resultando assim em uma redução global do volume da massa fermentada (LE-BAIL et al., 2010), além do rompimento das células gasosas que pode ocorrer por conta da formação dos cristais de gelo (GABRIC et al., 2011).

A etapa de fermentação também requer modificações quando comparada ao método direto de produção do pão. Assim, se faz necessária a redução no tempo do processo de fermentação de até 20 %. Isso se deve ao fato de que uma massa com menor fermentação é menos vulnerável ao processo de congelamento que será submetida, uma vez que as bolhas de gás formadas estão com suas paredes mais estáveis. Se for empregado o mesmo tempo de fermentação que o utilizado no processo direto, ocorrerá um colapso das peças durante a etapa de descongelamento (FRAUENLOB et al., 2017; LE-BAIL et al., 2010). Porém, essa tecnologia permite que a massa congelada seja conduzida do congelador diretamente para o forno, sem a necessidade da etapa de descongelamento. É preciso observar a etapa de forneamento, pois uma redução na temperatura nesta etapa pode ser necessária, o que vai depender de cada produto (ZAMBELLI, 2014).

Como discutido anteriormente, a qualidade da farinha para a produção de pães com qualidade é de suma importância. Neyreneuf e Van der Plaat (1991) indicaram que farinhas de trigo excessivamente fortes podem aumentar os volumes de pão da massa congelada. Entretanto, uma rede de glúten muito forte não é desejável pois resulta em um pão fraco devido a expansão limitada de gás carbônico. Ribotta et al. (2001) reportaram um congelamento mais rápido de pães que foram preparados com a massa pré-fermentada devido a um grau mais elevado de retrogradação da amilopectina.

Frauenlob et al. (2017) avaliou parâmetros de qualidade que podem ajudar a prever a qualidade final do produto. Os autores identificaram que o armazenamento a longo prazo não é indicado para massas pré-fermentadas com diferentes farinhas pois, o volume dos pães reduzia conforme o aumento do tempo de armazenamento. Esse estudo sugere que a matéria-prima apresenta impacto relevante na qualidade do produto final, além do cuidado necessário na etapa de armazenamento congelado. Gabric et al. (2011) observaram a necessidade de se resfriar a massa após o processo de fermentação para depois submetê-la ao congelamento, garantindo uma qualidade melhor ao produto final. Ademais, é desejável que, após o descongelamento, a massa seja submetida a fermentação final para ajudar a massa refrescar antes de passar pela etapa de cozimento (sujeita a validação).

#### **4.6.3. Pão semi-assado congelado**

Uma tendência nas últimas décadas tem sido o aumento da demanda dos consumidores em produtos com alta qualidade e conveniência no tempo de preparo (ALMEIDA; CHANG; STEEL, 2013). Pães semi-assados congelados apresentam essa vantagem quando comparados aos pães convencionais, uma vez que o seu preparo é apenas serem retirados do congelador e submetidos ao assamento (GOF, 2004). Esta tecnologia, também conhecida como pão pré-cozido congelado, é bem conhecida e estabelecida no mercado.

No processo de produção onde essa tecnologia é empregada, a massa é batida, dividida, modelada, fermentada e assada pela primeira vez antes de ser submetida ao congelamento (PURATOS, 2008). O primeiro assamento tem como objetivo obter um miolo bem formado e rígido e uma forma externa bem definida, porém sem a formação

de casca. Após o período de estocagem, o pão é submetido a outro assamento com o objetivo de ser finalizado, processo no qual o miolo é reaquecido, acarretando no ganho de coloração final e desenvolvimento de sabor característico do pão (ZAMBELLI, 2014; HEJRANI et al., 2017). Os ciclos de congelamento e descongelamento podem causar efeitos negativos sobre as propriedades do pão (MATUDA et al., 2008). Uma alternativa para minimizar esses efeitos é o emprego de melhoradores, como enzimas, hidrocolóides e emulsificantes (BÁRCENAS; ROSELL, 2007; GOMES-RUFFI et al., 2012; MATUDA et al., 2008).

O defeito denominado *flaking*, que é o desprendimento da casca do miolo, é um dos principais defeitos de qualidade de pães obtidos por esta tecnologia. A concentração de cristais de gelo entre o miolo e a casca do pão causa uma zona de fragilidade que, em conjunto com o choque térmico-mecânico e uma contração do pão causados pelo congelamento, causam o desprendimento da casca do miolo, o qual se apresenta úmido e maleável e se contrai de forma mais intensa (PURATOS, 2008; ZAMBELLI 2014). Para impedir que ocorra esse defeito, se faz necessário o controle dos parâmetros de processo, principalmente para assegurar que ocorra alta umidade durante as etapas fermentação, assamento e resfriamento, contribuindo assim para uma redução relevante do *flaking*. Ademais, um melhorador que seja específico para esta tecnologia empregada ajuda na redução da taxa desse defeito, garantindo também bom aspecto e volume para os pães (MATUDA et al., 2008; ZAMBELLI, 2014).

Alguns trabalhos empregaram gomas no processo de produção de pão para retenção de água e controle da mobilidade da umidade, retenção de gás da massa, além de atuarem como melhoradores de textura (ROSELL et al., 2001; MANDALA et al., 2008). Hejrani et al. (2017) avaliaram o uso de gomas xantana e guar combinadas com as enzimas amilase e lipase na qualidade e estabilidade do pão Barbari pré-assados congelados. Os autores identificaram que a adição das gomas no processo de produção melhorou a textura do miolo do pão pré-assado congelado. Além disso, a interação da goma guar com amilase e lipase aumentou o volume específico e a qualidade geral do produto durante o armazenamento congelado, removendo assim os efeitos negativos desse processo. Entretanto, os autores identificaram que a goma xantana não é um melhorador apropriado para este tipo de tecnologia.

Souza (2020) avaliou a influência de iogurte natural na produção de pão francês pré-assado congelado na qualidade sensorial do produto, sendo constatado efeito positivo no uso desse produto nas formulações de pães pré-assados congelados. Com relação as

demais características de qualidade do pão, a adição de iogurte não apresentou efeito nas propriedades de cor, volume específico e textura do produto.

Resfriamento a vácuo e cozimento a vácuo são técnicas aplicadas ao pão semi-assado congelado (KINNER et al., 2021; ŞİMŞEK 2020; GRENIER et al., 2019). Şimşek (2022) realizou uma modificação a vácuo em pães de trigo pré-assados congelados, a qual apresentou efeitos positivos na estrutura morfológica dos pães, exibindo poros menores e mais estreitos e grânulos de amido maiores e mais lisos. O cozimento combinado a vácuo é uma técnica alternativa de cozimento que permite favorecer a inflação de bolhas no pão, reduzir o tempo e temperatura de cozimento necessários e aumentar a estabilidade do armazenamento (GRENIER et al., 2019; YILDIZ et al., 2017; ŞİMŞEK, 2020).

#### **4.6.4. Pão assado congelado**

O efeito do congelamento e armazenamento congelado em produtos assados foi estudado na década de 1950 (PENCE; STANDRIDGE, 1955). Desde então, pouco foi publicado sobre a tecnologia e os efeitos do processo na estrutura do pão assado. Esta tecnologia é a mais antiga, que consiste em congelar um pão que já estaria pronto para o consumo. A etapa de finalização para esta tecnologia é apenas deixar os pães descongelarem a temperatura ambiente ou realizar um aquecimento pequeno. Essa tecnologia só pode ser utilizada quando não for desejado casca crocante, devido ao defeito já discutido chamado de *flaking*, ou seja, para pães com textura macia como pães de hambúrguer, pães doces ou pães de forma (PURATOS, 2008).

Bárcenas et al. (2003) identificaram que o tempo de armazenamento congelado produziu um aumento progressivo da faixa de temperatura de retrogradação da amilopectina, o que mostra que ocorreram mudanças estruturais da amilose durante o armazenamento congelado. A dureza da migalha do pão assado aumenta com o tempo de armazenamento congelado (DEBONNE et al., 2017). A taxa de endurecimento durante o envelhecimento também depende desse tempo (BÁRCENAS et al., 2003).

Fik e Surowka (2002) identificaram mudanças nas características sensoriais e texturais no pão totalmente assado, devido ao armazenamento congelado, principalmente na primeira semana de armazenamento. O tempo de congelamento em si apresenta mais efeito significativo sobre a qualidade do pão congelado.

A escolha de qual tecnologia é a melhor para ser empregada depende de diversos fatores, não apenas das possíveis aplicações, mas também de fatores econômicos,

ambientais e sociais, como energia, mão-de-obra nos pontos de venda, tipo de consumidor, espaço e qualidade da cadeia logística, entre outros (RONDA et al., 2011; ZAMBELLI, 2015).

Na produção em escala industrial de massas congeladas, a uniformidade é outro fator relevante. Variações na velocidade de congelamento irão acarretar em modificações na quantidade de levedura viável para produtos de massa, o que resultará em produtos de diferentes tamanhos quando eles são assados posteriormente. Assim, destaca-se a relevância do controle rigoroso dos parâmetros de congelamento, como os fluxos de ar, temperatura e distribuição de ar em um freezer industrial (SCIENTISTLIVE, 2013; PESSÔA, 2018).

### **Considerações Finais**

O atual cenário econômico e social tem exigido do setor de panificação uma adaptação e reposicionamento no mercado, apresentando uma estrutura mais ágil e integrada. Apesar do impacto da pandemia em todos os setores da economia, a panificação apresentou uma pequena recuperação para amenizar os impactos sofridos.

O aumento da demanda dos consumidores em buscar produtos frescos independente de horários de produção, faz com que o setor de panificação busque suprir essa necessidade, aplicando em sua linha de produção as tecnologias de congelamento, as quais são ferramentas importantes para melhorar o desempenho do setor.

Novas pesquisas são necessárias para que aumente o conhecimento do público em geral para as novas possibilidades de se obter os pães de forma fresca que irão manter a qualidade dos produtos. Ademais, seria interessante um investimento no setor para realização desse upgrade nas linhas de produção.

Em linhas gerais, as tecnologias de congelamento de pães são estratégias importantes para o crescimento e aprimoramento do setor de panificação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIA. Faturamento da indústria de alimentos cresce 12,8% em 2020. **Associação Brasileira da Indústria de Alimentos**, 2021. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/releases/faturamento-da-industria-de-alimentos-cresce-128-em-2020>>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- ABIP. Indicadores da Panificação e Confeitaria Brasileira. **Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria Brasileira**, 2020. Disponível em: <<https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2021/01/Indicadores2020-abip.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- AF NEWS. O setor de panificação do Brasil em números. **Sinditrigo**. 4 ago. 2021. Disponível em: <<http://sinditrigo.com.br/o-setor-de-panificacao-do-brasil-em-numeros/>>. Acesso em: 20 fev. 2022.
- ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: Influence on technological quality. **LWT-Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 262-270, 2013.
- Araújo, W.M.C. **Alquimia dos Alimentos**. Editora: Senac. Brasília. v.2. p. 561, 2008.
- ASGHAR, A.; ANJUM, F. M.; ALLEN, J. C. Utilization of dairy byproduct proteins, surfactants, and enzymes in frozen dough. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 51, n. 4, p. 374-382, 2011.
- BAIER-SCHENK, A.; HANDSCHIN, S.; CONDE-PETIT, B. Ice in prefermented frozen bread dough—an investigation based on calorimetry and microscopy. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 3, p. 251-255, 2005.
- BÁRCENAS, M. E.; HAROS, M.; BENEDITO, C.; ROSELL, C. M. Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. **Food Research International**, v. 36, n. 8, p. 863-869, 2003.
- BÁRCENAS, M. E.; ROSELL, C. M. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1594-1601, 2007.
- BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. Cereals and cereal products. **Food chemistry**, p. 670-745, 2009.
- BELLIDO, G. G.; SCANLON, M. G.; SAPIRSTEIN, H. D.; PAGE, J. H. Use of a pressuremeter to measure the kinetics of carbon dioxide evolution in chemically leavened wheat flour dough. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 56, n. 21, p. 9855-9861, 2008.
- BONA, S. **Estudos da viabilidade da produção de pão francês a partir de massa ongelada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis SC, 2002.
- BRANDÃO, S. S.; LIRA, H.de L. Tecnologia de panificação e confeitaria. **Recife, PE: EDUFRPE**, p. 1-150, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico Para Produtos De Cereais, Amidos, Farinhas E Farelos. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, setembro, 2005.

CAMPOS, M. B. A conservação de alimentos por refrigeração: uma revisão e uma proposta de dimensionamento de uma câmara de armazenamento para massa de pão congelada. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Engenharia de Alimentos). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza CE, 2021.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 1, 2011.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da Panificação**. Barueri, São Paulo: Ed. Manole, p. 419, 2009.

COLLA, L. M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Congelamento e descongelamento – sua influência sobre os alimentos. **VETOR - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 53–66, 2007.

COPELAND, L.; BLAZEK, J.; SALMAN, H.; TANG, M. C. Form and functionality of starch. **Food hydrocolloids**, v. 23, n. 6, p. 1527-1534, 2009.

CURIC, D.; NOVOTNI, D.; SKEVIN, D.; ROSELL, C. M.; COLLAR, C.; LE BAIL, A.; COLIC-BARIC, I.; GABRIC, D. Design of a quality index for the objective evaluation of bread quality: Application to wheat breads using selected bake off technology for bread making. **Food Research International**, v. 41, n. 7, p. 714-719, 2008.

DEBONNE, E.; VAN BOCKSTAELE, F.; PHILIPS, E.; DE LEYN, I.; EECKHOUT, M. Impact of par-baking and storage conditions on the quality of par-baked and fully baked bread. **LWT**, v. 78, p. 16-22, 2017.

DECOCK, P.; CAPELLES, S. Bread Technology and sourdough technology. **Trends in Food Science Technology**, v. 16, n. 1, p. 133-120, 2005.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1989. 652 p. (Nutrição). ISBN 857379075X (enc.).

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed-Bookman, p. 608, 2006.

FIK, M.; SUROWKA, K. Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 11, p. 1268-1275, 2002.

FRAUENLOB, J.; MORIANO, M. E.; INNERKOFER, U.; D'AMICO, S.; LUCISANO, M.; SCHOENLECHNER, R. Effect of physicochemical and empirical

rheological wheat flour properties on quality parameters of bread made from pre-fermented frozen dough. **Journal of Cereal Science**, v. 77, p. 58-65, 2017.

GABRIC, D.; BEN-AISSA, F.; LE-BAIL, A.; MONTEAU, J. Y.; CURIC, D. Impact of process conditions on the structure of pre-fermented frozen dough. **Journal of Food Engineering**, v. 105, n. 2, p. 361-366, 2011.

GIANNOU, V.; KESSOGLOU, V.; TZIA, C. Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough. **Trens in food science and technology**. v. 14, n. 1, p. 99-108, 2003.

GIANNOU, V.; TZIA, C. Frozen dough bread: quality and textural behavior during prolonged storage – prediction of final product characteristics. **Journal of Food Engineering**. n.79, p. 929–934, 2007.

GOFF, H. D. Modified starches and the stability of. **Starch in food: Structure, function and applications**, p. 425, 2004.

GOMES-RUFFI, C. R.; DA CUNHA, R. H.; ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Effect of the emulsifier sodium stearoyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage. **LWT**, v. 49, n. 1, p. 96-101, 2012.

GÓMEZ, M.; JIMÉNEZ, S.; RUIZ, E.; OLIETE, B. Effect of extruded wheat bran on dough rheology and bread quality. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2231-2237, 2011.

GRENIER, David; LUCAS, T.; LE RAY, D. Enhanced aeration of part-baked bread using a novel combination of baking and partial vacuum. **Journal of Food Engineering**, v. 248, p. 62-70, 2019.

GUERREIRO, L. **Dossiê Técnico de Panificação**. REDETEC Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjc=>>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

HAVET, M.; MANKAI, M.; LE BAIL, A. Influence of the freezing condition on the baking performances of french frozen dough. **Journal of Food Engineering**. n.45, p.139-145, 2000.

HEJRANI, T.; SHEIKHOLESAMI, Z.; MORTAZAVI, A.; DAVOODI, M. G. The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums. **Food Hydrocolloids**, v. 71, p. 252-257, 2017.

HEJRANI, T.; SHEIKHOLESAMI, Z.; MORTAZAVI, S. A.; KARIMI, M.; ELHAMIRAD, A. H. Impact of the Basil and Balangu gums on physicochemical properties of part baked frozen Barbari bread. **Information Processing in Agriculture**, v. 6, n. 3, p. 407-413, 2019.

HIDALGO, A.; BRANDOLINI, A. Tocols stability during bread, water biscuit and pasta processing from wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v. 52, n. 2, p. 254-259, 2010.

ITPC. (2020). **Clipping da Panificação e Confeitaria Edição 302**. Instituto Tecnológico da Panificação e Confeitaria. Disponível em: <<http://institutoitpc.org.br/2020/12/14/clipping-da-panificacao-e-confeitaria-edicao-302/>>. Acesso em 18 fev. 2022.

JACKEL, S.S. Frozen dough opportunities keep heating up. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 36, n. 6, p. 529, 1991.

KINNER, M. RÜEGG, R.; WEBER, C. A.; BUCHLI, J.; DURRER, L.; MÜLLER, N. Impact of selected baking and vacuum cooling parameters on the quality of toast bread. **Journal of food science and technology**, v. 58, n. 12, p. 4578-4586, 2021.

KTENIOUDAKI, A.; O'SHEA, N.; GALLAGHER, E. Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. **Journal of Food engineering**, v. 116, n. 2, p. 362-368, 2013.

LAAKSONEN, T.J. **Effects of ingredients on phase and state transitions of frozen wheat doughs**. EKT series 1242. University of Helsinki, Department of Food Technology. p. 69, 2001.

LE BAIL, A.; HAVET, M.; PASCO, M. Influence of the freezing rate and of storage duration on the gassing power of frozen bread dough. **Science et Technique du Froid (France)**, 1998.

LE-BAIL, A.; DESSEV, T.; JURY, V.; ZUNIGA, R.; PARK, T.; PITROFF, M. Energy demand for selected bread making processes: Conventional versus part baked frozen echnologies. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 4, p. 510-519, 2010.

LU, L.; XING, J. J.; YANG, Z.; GUO, X. N.; ZHU, K. X. Influence of  $\epsilon$ -poly-l-lysine treated yeast on gluten polymerization and freeze-thaw tolerance of frozen dough. **Food Chemistry**, v. 343, p. 128440, 2021.

MANDALA, I.; KAPETANAKOU, A.; KOSTAROPOULOS, A. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature: II—Effect of freezing. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 8, p. 1443-1451, 2008.

MARQUITO, M. J. G. **Influência dos aditivos de panificação na bioacessibilidade dos minerais do pão de trigo**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa PT, 2014.

MATUDA, T. G.; CHEVALLIER, S.; DE ALCÂNTARA PESSÔA FILHO, P.; LEBAIL, A.; TADINI, C. C. Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough. **Journal of cereal science**, v. 48, n. 3, p. 741-746, 2008.

MORAES, A. S. **Importância do controle de qualidade na indústria de pães congelados – um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Campus Cuiabá Bela Vista, Cuiabá, 2014.

NEYRENEUF, O.; DELPUECH, B. Freezing experiments on yeasted dough slabs. Effects of cryogenic temperatures on the baking performance. **Cereal chemistry (USA)**, 1993.

NEYRENEUF, O.; VAN DER PLAAT, J. B. Preparation of frozen French bread dough with improved stability. **Cereal Chem**, v. 68, n. 1, p. 60-66, 1991.

ORDÓÑEZ PEREDA, J. A. (ed.). **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 2v. (Biblioteca Artmed. Nutrição e tecnologia de alimentos). ISBN 8536304367 (v. 1 : broch.).

Pães Congelados: Tendências E Soluções. (2016). **ADITIVOS&INGREDIENTES**. Disponível em: <<https://aditivosingredientes.com/artigos/panificacao/paes-congelados-tendencias-e-solucoes>>. Acesso em: 24 fev. 2022.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: Editora da UFG, 1995, v. 1.

PARK, E. Y.; JANG, S.; LIM, S. Effect of fructo-oligosaccharide and isomalto-oligosaccharide addition on baking quality of frozen dough. **Food Chemistry**, v. 213, p. 157-162, 2016.

PAVANELLI, A. P. 2000. “**Aditivos para Panificação: Conceitos e Funcionabilidade**”. Oxiteno S/A Indústria e Comércio. ABIAM- Associação Brasileira da Indústria de Aditivos e Melhoradores para Alimentos e Bebidas. [online]. Disponível em: <<http://www.oxiteno.com.br/aplicacoes/mercados/doc/documento.asp?artigotecnico=2&segmento=0100&idioma=PO&r=.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2022.

PENCE, J. W.; STANDRIDGE, N. N. Effects of storage temperature and freezing on the firming of a commercial bread. **Cereal Chemistry**, v. 32, n. 6, p. 519-526, 1955.

PESSÔA, M. H. L. **Ferramentas da qualidade: um estudo de caso aplicado a uma indústria do setor alimentício**. Monografia (Engenharia de Produção). Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé PB, 2018.

PHIMOLSIRIPOL, Yuthana et al. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. **Journal of Food Engineering**, v. 84, n. 1, p. 48-56, 2008.

PIZZINATO, A. ORMENESE, R. C. **Condições Adequadas para a Produção de Pães, Massas e Biscoitos**. Campinas, ITAL – SP: 1996.

PURATOS. (2008). **Tecnologia para pães congelados**. Food Ingredients Brasil nº 5. Disponível em: <

fi.com.br/upload\_arquivos/201606/2016060573162001465585636.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2022.

RASANEN, J. **Prefermented frozen lean wheat doughs**. Ph.D. thesis (VTT Biotechnology and Food Research), Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, 2004.

REGULAMENTO (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo aos aditivos alimentares. **Jornal Oficial da União Europeia**. 16 de dezembro de 2008.

RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M. C. Effect of freezing and frozen storage of doughs on bread quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 913-918, 2001.

RONDA, F. CABALLERO, P. A.; QUILEZ, J.; ROOS, Y. H. Staling of frozen partly and fully baked breads. Study of the combined effect of amylopectin recrystallization and water content on bread firmness. **Journal of cereal science**, v. 53, n. 1, p. 97-103, 2011.

ROSELL, C. M. Trends in bread making: low and subzero temperatures. **Innovation in food engineering: New techniques and products**, p. 59-79, 2010.

ROSELL, C. M.; GÓMEZ, M. Frozen dough and partially baked bread: an update. **Food Reviews International**, v. 23, n. 3, p. 303-319, 2007.

ROSELL, C. M.; ROJAS, J. A.; DE BARBER, C. B. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food hydrocolloids**, v. 15, n. 1, p. 75-81, 2001.

ROUILLE, J.; LE BAIL, A.; COURCOUX, P. Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough. **Journal of food engineering**, v. 43, n. 4, p. 197-203, 2000.

SANG, S.; ZHANG, H.; XU, L.; CHEN, Y.; XU, X.; JIN, Z.; YANG, N.; WU, F.; LI, D. Functionality of ovalbumin during Chinese steamed bread-making processing. **Food chemistry**, v. 253, p. 203-210, 2018.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. D.; MIRANDA, M. D.; LIMBERGER, V. M. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.

Scientist Live. **Freezing technology means frozen raw dough is now as good as fresh**, 2013.

SEBRAE. (2017). **Painel de Mercado da Panificação e Confeitaria. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Estudo%20Painel%20de%20Mercado.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

ŞİMŞEK, S. T. Multivariate analysis of staling properties in vacuum-combined baking gluten-free cake during storage. **LWT**, v. 131, p. 109824, 2020.

ŞİMŞEK, S. T. Vacuum modification of partial-baked wheat bread: Evaluation of the physicochemical, microstructural properties and acrylamide content. **Journal of Cereal Science**, p. 103467, 2022.

SLUIMER, I.P. **Principles of dough retarding.** *Bakers.' Digest*, v.55, n.4, p.6-8, 10, 1981.

SOUZA, C. M. D. **Uso de iogurte na produção de pão francês tradicional e pré-assado congelado.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba. Rio Pomba MG, 2020.

VASCONCELOS, M. A. da S.; MELO FILHO, A. B. de. **Conservação de alimentos.** Recife: EDUFRPE, 2010. 130 p. ISBN: 978-85-7946-072-2. Programa Escola Aberta do Brasil (ETEC – Brasil).

VENTURINI, O. J. Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial. Rio de Janeiro: **Eletrobrás**, 2005. 316 p.

VETTER, J.L. Frozen unbaked bread dough: past, present, future. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 24, n. 2, p. 42-43, 1979.

WANG, P.; YANG, R.; GU, Z.; XU, X.; JIN, Z. Comparative study of deterioration procedure in chemical-leavened steamed bread dough under frozen storage and freeze/thaw condition. **Food chemistry**, v. 229, p. 464-471, 2017a.

WANG, P.; YANG, R.; GU, Z.; XU, X.; JIN, Z. Comparative study on the freeze stability of yeast and chemical leavened steamed bread dough. **Food chemistry**, v. 221, p. 482-488, 2017b.

XU, K.; CHI, C.; SHE, Z.; LIU, X.; ZHANG, Y.; WANG, H.; ZHANG, H. Understanding how starch constituent in frozen dough following freezing-thawing treatment affected quality of steamed bread. **Food Chemistry**, v. 366, p. 130614, 2022.

YANG, Z.; YU, W.; XU, D.; GUO, L.; WU, F.; XU, X. Impact of frozen storage on whole wheat starch and its A-Type and B-Type granules isolated from frozen dough. **Carbohydrate polymers**, v. 223, p. 115142, 2019.

YI, J.; KERR, W. L. Combined effects of dough freezing and storage conditions on bread quality factors. **Journal of Food Engineering**, v. 93, n. 4, p. 495-501, 2009.

YILDIZ, H. G.; PALAZOĞLU, T. K.; MIRAN, W.; KOCADAĞLI, T.; GÖKMEN, V. Evolution of surface temperature and its relationship with acrylamide formation during conventional and vacuum-combined baking of cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 197, p. 17-23, 2017.

YU, W.; XU, D.; ZHANG, H.; GUO, L.; HONG, T.; ZHANG, W.; JIN, Y.; XU, X. Effect of pigskin gelatin on baking, structural and thermal properties of frozen dough: Comprehensive studies on alteration of gluten network. **Food Hydrocolloids**, v. 102, p. 105591, 2020.

ZAMBELLI, R. A. **Desenvolvimento de massas congeladas de pães tipo forma contendo ingredientes funcionais**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza CE, 2014.

ZAMBELLI, R. A. **Desenvolvimento de uma metodologia de glazamento para massas congeladas de pães tipo forma**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza CE, 2015.

ZHOU, H.; JIN, Y.; HONG, T.; YANG, N.; CUI, B.; XU, X.; JIN, Z. Effect of static magnetic field on the quality of frozen bread dough. **LWT**, v. 154, p. 112670, 2022.