UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ANA PAULA NOGUEIRA GUIMARÃES
EDUARDO BRAUNO DE SOUSA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

INFLUÊNCIA DE ENZIMAS LIPASE NA QUALIDADE DO DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA

GOIÂNIA
2021

ANA PAULA NOGUEIRA GUIMARÃES
EDUARDO BRAUNO DE SOUSA

INFLUÊNCIA DE ENZIMAS LIPASE NA QUALIDADE DO DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos como parte dos requisitos à obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientadora: Profª. Drª. Adriana Régia Marques de Souza

GOIÂNIA
2021

Ana Paula Nogueira Guimarães

Eduardo Brauno de Sousa

INFLUÊNCIA DE ENZIMAS LIPASE NA QUALIDADE DO DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA

Aprovado em 26 de maio de 2021, pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Profª. Drª. Adriana Régia Marques de Souza

Universidade Federal de Goiás - UFG
Orientadora

Profª. Drª. Miriam Fontes Araújo Silveira

Universidade Federal de Goiás - UFG
Membro

MSc Taynara Álvares Martins

Universidade Federal de Goiás - UFG
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos dado força e saúde, em um momento tão conturbado no mundo, e nos permitir realizar nosso Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradecemos aos nossos pais, por todo apoio, incentivo e compreensão durante nossa jornada no curso, pela educação e amor em nossas vidas.

À Professora Adriana Régia Marques de Souza, nossa orientadora, por todo ensinamento, carinho, paciência e cumplicidade no desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também pela tutoria, pelo nosso desenvolvimento não só na graduação, mas por toda vida. Obrigado por ter acreditado em nós.

A Professora Miriam Fontes Araújo Silveira por estar sempre presente, e nos auxiliar ao longo do curso.

Ao Programa de Educação Tutorial pela transformação e desenvolvimento pessoal e profissional, pelo acolhimento e ensinamentos durante a graduação que levaremos por toda vida.

A Universidade Federal de Goiás e a Escola de Agronomia por terem nos oferecido condições para a realização deste.

Aos técnicos do Laboratório do Setor de Engenharia de Alimentos e a pós-graduanda da UFT Annanda Carvalho pela ajuda na realização das análises.

E a todos familiares e amigos, que estiveram ao nosso lado nos bons e maus momentos de nossas vidas, contribuindo para nosso crescimento humano.

GUIMARÃES, A. P. N.; SOUSA, E. B. **Influência de Enzimas Lipase na Qualidade do Desenvolvimento de Pão de Forma.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

RESUMO

O pão de forma é um dos produtos da panificação mais populares e consumidos em todo mundo, sendo sua qualidade atribuída aos seus ingredientes. Com o intuito de melhorar as características tecnológicas e sensoriais desse alimento, novos métodos são estudados e utilizados, entre eles a aplicação de enzimas que são capazes de acelerar reações químicas e gerar produtos de alta qualidade. Em pães, as lipases melhoram o tempo de fermentação, aumentam o volume e a vida útil. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes tipos de lipase nas propriedades físicas e estruturais no desenvolvimento de pães de forma. Uma formulação de pão foi desenvolvida com três enzimas lipase (Lipopan F, Lipopan Prime e Lipopan XTRA) em cinco concentrações diferentes (0, 8, 24, 32 e 40 ppm), analisadas em relação a extensão da massa na fermentação, textura e volume específico. A aplicação de enzimas apresentou maior expansão durante a fermentação, melhor característica de textura tanto na massa quanto no pão e maior volume específico na maior parte das concentrações, sendo observadas a tolerância e a dosagem ideal nas enzimas. A utilização de lipase se mostrou eficiente no desenvolvimento de pães, gerando propriedades desejáveis por consumidores e fabricantes.

Palavras-chave: panificação, massa, textura, fermentação, volume.

ABSTRACT

Loaf of bread is one of the most popular and consumed bread product in the world, and its quality is attributed to its ingredients. In order to improve the technological and sensory characteristics of this food, new methods are being studied and used, including the application of enzymes that are capable of accelerating chemical reactions, providing high quality products. In breads, lipases improve the fermentation time, increase the volume of them and their shelf life. The present study aimed to evaluate the effect of the application of different types of lipase on the physical and structural properties in the development of loaves of bread. A bread formulation was developed with three type of lipase enzyme (Lipopan F, Lipopan Prime and Lipopan XTRA) in five different concentrations (0, 8, 24, 32 and 40 ppm), analyzed in relation to the extension of the dough in the fermentation, texture and specific volume. The application of enzymes showed greater expansion during fermentation, better texture characteristics in both the dough and bread and a higher specific volume in most concentrations, observing the tolerance and the ideal dosage in the enzymes. The use of lipase proved to be efficient in the development of breads, generating desirable properties for consumers and manufacturers.

Keywords: bread making, dough, texture, fermentation, volume.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Expansão das massas de pão elaboradas com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm. 29

Figura 2. Efeito das lipases, com 8, 24, 32 e 40 ppm, nas propriedades texturais do pão: dureza (A), elasticidade (B), coesividade (C) e gomosidade (D). 31

Figura 3. Mastigabilidade do pão elaborado com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm. 34

Figura 4. Volume específico de pão elaborado com diferentes lipases nas concentrações 24, 32 e 40 ppm. 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Expansão das massas de pão, em porcentagem (%), elaboradas com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm..... 28

Tabela 2. Textura das massas de pão elaboradas com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm. 30

Tabela 3. Mastigabilidade (N*m) do pão elaborado com diferentes lipases nas concentrações 8 ppm, 24 ppm, 32 ppm e 40 ppm. 34

Tabela 4. Volume específico (cm^3/g) de pão elaborado com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm. 35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACC - American Association for Clinical Chemistry

ABIP - Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria

ANOVA - Análise de variância

ISO - Organização Internacional de Normalização

LabMulti – Laboratório Multiusuário de Análises

ppm - parte por milhão

TF - Lipopan F BG

TP - Lipopan Prime

TX - Lipopan XTRA BG

TPA - Análise do perfil de textura

UNDESA - Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas

LISTA DE SÍMBOLOS

% - porcentagem

ºC - Graus Celsius

KLU/g - Unidade de lipase por grama

mm - milímetro

mm/s - milímetro por segundo

g - grama

N*m - Newton vezes metro

cm^3 – centímetro cúbico

cm^3/g - centímetro cúbico por grama

N - Newton

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15

2.1. Panificação e seus produtos 15

2.1.1 Pão 15

2.1.2 Farinha de Trigo 16

2.1.3 Água 17

2.1.4 Açúcares 17

2.1.5 Gordura 18

2.1.6 Leite 19

2.1.7 Ovos 20

2.1.8 Sal 20

2.1.9 Fermento 20

2.1.10 Melhoradores 21

2.1.11 Enzimas 22

2.2. Textura 23

3. MATERIAL E MÉTODOS 25

3.1. Matéria – prima 25

3.2. Formulação da massa 25

3.3. Análises das massas 26

3.3.1 Expansão da massa 26

3.3.2 Textura da massa 26

3.4. Análises do pão 26

3.4.1 Textura do pão 26

3.4.2 Volume específico 27

3.5. Análise Estatística 27

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 28

4.1. Análises das massas 28

4.1.1 Expansão da massa 28

4.1.2 Textura da massa 29

4.2. Análises do pão 33

4.2.1 Textura do Pão 33

4.2.2 Volume específico 35

5. CONCLUSÃO 38

REFERÊNCIAS 39

1. INTRODUÇÃO

Os produtos de panificação de alta qualidade possuem vários atributos, incluindo sua forma, estrutura do miolo, alto volume, prazo de validade, maciez e tolerância ao envelhecimento. A qualidade destes produtos pode, ainda, ser influenciada pela adição de substâncias que afetam essas propriedades, como os hidrocolóides (gomas). A aparência, o volume e a textura do miolo de pães e bolos são as principais propriedades para avaliar a qualidade do produto final (SALEHI, 2020).

A produção de pão caseiro é uma prática cada vez mais comum na sociedade, hábito intensificado durante o isolamento obrigatório em casa, em razão da pandemia de COVID-19 (MCCARRON, 2020). As prateleiras das lojas e mercados ficaram vazias de farinhas e fermento comercial e milhares de pessoas começaram a preparar massa fermentada, utilizando inoculação espontânea de fermento em farinha e água (AVILES, 2020; LAHUE et al., 2020). Essa tendência na panificação doméstica vem de encontro ao aumento do desejo de padeiros comerciais na utilização de diferentes tipos de grãos e desenvolver sabores mais complexos e interessantes em seus produtos (GLOVER et al., 2010; STEENSELS et al., 2014). Um fenômeno semelhante ocorreu na indústria de cerveja artesanal, o que levou à explosão de pesquisa sobre a história das cepas de cerveja comercial e no uso de leveduras alternativas (FAY et al., 2019; GALLONE et al., 2019; LANGDON et al., 2019). No entanto, as leveduras utilizadas na fabricação do pão têm recebido consideravelmente menos atenção do que as cervejas e vinhos (LAHUE et al., 2020). Com o avanço das tecnologias e crescente demanda pelo produto, surge a necessidade de adaptações no mercado de panificação. Buscando atender um público mais amplo e se fortalecer no mercado, a indústria de pão, através da diversidade nas formulações, implementação de novas técnicas de fabricação e aprimoramento de métodos de conservação, começa a inovar na produção de pães (REGO; VIALTA; MADI, 2020).

As enzimas são moléculas protéicas capazes de catalisar reações que garantem a manutenção da vida. Elas são utilizadas na produção de alimentos desde o século XIX, no entanto sua popularização em processos industriais ocorreu a partir do século XX devido à sua capacidade de acelerar reações químicas sem produzir subprodutos indesejáveis, com alta especificidade, serem biodegradáveis e obtidas a partir de fontes de energia renováveis. As enzimas voltadas à indústria alimentícia são responsáveis pela maior parte do mercado enzimático, estima-se atingir em 2021, US $2,94 bilhões (BATISTA; PAULA; ALMEIDA, 2019; RIGOLDI et al., 2018). Nesse sentido elas são uma alternativa tecnológica

convencional baseada na síntese química para a produção de alimentos. O Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (UNDESA) afirma que a demanda por alimentos aumentará 70% até 2050, seguindo o crescimento da população mundial. Nesse contexto, a aplicação de enzimas nas indústrias alimentícias será de suma importância para suprir as necessidades do mercado (BATISTA; PAULA; ALMEIDA, 2019).

As lipases são enzimas muito versáteis e chamaram atenção nos diversos processos industriais. Podem ser obtidas de várias fontes, animais, vegetais e microbiológicas. Em produtos de panificação as lipases estendem a vida útil de pães, aumenta e controla a reação de Maillard, aumenta o volume e melhora a estrutura do miolo (CHANDRA; SINGH; ARORA, 2020; LAOPAIBOON et al., 2009; SATO et al., 1992).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes tipos de enzima lipase nas propriedades físicas e texturais no desenvolvimento de pães de forma.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Panificação e seus produtos

A população está cada vez mais exigente por alimentos que sejam seguros, nutritivos, isentos de aditivos e sensorialmente agradáveis, trazendo novos desafios às indústrias de alimentos. Dentre a cadeia alimentícia, os produtos de panificação se tornam opções atrativas para escolha dos consumidores e, devido ao seu sabor e praticidade no consumo, são procurados por toda faixa etária em todo mundo (JEROME; SINGH; DWIVEDI, 2019).

A indústria de panificados é um mercado muito forte mundialmente. Estima-se que o setor de pães cresça em 3,4% até 2023, chegando à venda de mais de 87 milhões de quilogramas (SILVA, 2020; STATISTA, 2021). No Brasil, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP, 2020), os panificados movimentaram aproximadamente R$ 92 bilhões em todo país no ano de 2020.

O consumo de derivados do trigo teve um aumento devido à disponibilidade biológica, capacidade nutricional e benefícios à saúde relacionados ao trigo (SHEIKHOLESLAMI et al., 2021). A variedade dos produtos de panificação como os bolos, pães, biscoitos, bolachas, cookies, waffles e tortas tem se expandido cada vez mais a procura desse mercado (JEROME; SINGH; DWIVEDI, 2019).

2.1.1. Pão

Entre os panificados, destaca-se o pão, sendo ele um dos alimentos básicos mais importantes consumidos em todo o mundo (GARCIA; COPETTI, 2019). A definição de "pão" geralmente é para massa fermentada especificamente com farinha de trigo, devido às propriedades únicas encontradas no glúten, grupo de proteínas (gliadina e glutenina), que são responsáveis por uma massa viscoelástica (CONTE et al., 2019).

No mercado, é muito comum encontrar uma diversidade enorme de pães, devido às diferentes combinações de ingredientes e inúmeras técnicas aplicadas nesse processo, que desencadeiam resultados totalmente variados. Devido à busca pela variedade no produto e aumento na indústria de panificação, a mudança se torna essencial (DAHIYA et al., 2020). Por ser um alimento muito versátil, mudando os ingredientes certos, em sua composição é possível adaptar para atender necessidades específicas da população (CARCEA, 2020).

Os pães são classificados de acordo com seus ingredientes ou características gerais, entre eles, o pão de forma, é o produto mais consumido pela população (REGO; VIALTA; MADI, 2020), sendo este classificado como o produto obtido pela cocção da massa em

formas untadas com gordura, resultando em pão com casca fina, macia e grande quantidade de miolo (ANVISA, 2005).

A qualidade e concentração dos ingredientes têm um grande impacto na qualidade final do produto, essas mudanças ocorrem devido a modificações bioquímicas complexas durante o processamento do pão, desde interações moleculares entre os ingredientes da massa até as reações químicas desencadeadas durante o forneamento e armazenamento (ZHOU et al., 2021).

2.1.2. Farinha de Trigo

A farinha é um dos principais ingredientes nos produtos panificados. Sua composição consiste principalmente de amido, proteína e água. O amido é um componente que funciona como uma emulsão estabilizante, agente de gelificação e substituto de gordura (DAHIYA et al., 2020). O nível destes componentes e do teor de umidade apresentam efeitos na qualidade de massas elaboradas a partir de cada tipo de farinha (AREPALLY et al., 2020). A farinha de trigo é a farinha que mais se destaca em relação a outras farinhas de cereais, devido a formação de uma massa tridimensional, com capacidade de retenção de gás e viscoelasticidade (ZHOU et al., 2021).

As farinhas são a base e estrutura inicial das massas de pães, no processamento, sua formação é a principal preocupação, pois é um dos parâmetros para a determinação da qualidade do produto final (DURMUS; ANIL; SIMSEK, 2020). Durante o desenvolvimento do pão, as propriedades reológicas são resultado da interação entre o amido e o glúten (LI et al., 2020). Segundo Borght (2005), considera-se que as proteínas monoméricas do glúten (gliadinas) conferem viscosidade, e as proteínas poliméricas do glúten (gluteninas) são responsáveis pela elasticidade.

Apesar de grande parte da farinha ser constituída de amido e proteínas, elas podem conter outros componentes em sua formação, como no caso de grãos de trigo integral que possuem quantidades de fibras, favorecendo as propriedades nutricionais do produto (GÓMEZ; GUTKOSKI; BRAVO-NÚÑEZ, 2020). Tradicionalmente, as enzimas amilases presentes nas farinhas de trigo são consideradas baixas para efeitos tecnológicos (REBHOLZ et al., 2020). O tamanho de partícula de farinha também influencia nas propriedades e efeitos da massa e farinhas com granulometria mais fina geram produtos mais macios (AREPALLY et al., 2020).

2.1.3. Água

A água é um fator crítico durante o desenvolvimento e fermentação das massas de pães. Durante a preparação, ela hidrata os ingredientes secos como a farinha, açúcar e fermento. Posteriormente, ela é responsável pela hidratação das proteínas do glúten, glutenina e gliadina, para formação da massa característica das farinhas de trigo, e por fim a água livre disponível mantém as atividades das leveduras e enzimas durante o processo de fermentação (ERIVE et al., 2020).

Ao adicionar água junto ao processo de amassamento, desencadeiam interações entre as gliadinas e gluteninas permitindo a formação da rede de glúten viscoelástica (SCHOPF; SCHERF, 2021). As gliadinas não são diretamente as precursoras desse atributo, porém elas aumentam o espaçamento da rede, elevando a viscosidade e elasticidade da massa (DELCOUR et al., 2012).

Para formação das características viscoelásticas da massa, a quantidade de água adicionada é crucial nesse processo, pois ela age como agente amolecedor na estrutura da massa (SCHOPF; SCHERF, 2021). O baixo teor de água proporciona uma estrutura seca, rede de proteínas desuniforme, baixa atividade metabólica das leveduras e limitação de hidrólise enzimática do amido, acarretando em baixo volume no produto final (JEKLE; MÜHLBERGER; BECKER, 2016). Por outro lado, grandes quantidades de água na formulação, também podem proporcionar pouco volume ao pão, excesso de água torna a massa muito pegajosa no preparo e reduz a capacidade de retenção de gás na massa (ERIVE et al., 2020).

2.1.4. Açúcares

O açúcar é um dos principais ingredientes de muitos produtos de confeitaria e panificados, entre eles pães e biscoitos, graças às suas funções estruturais e organolépticas (GODEFROIDT et al., 2019). Devido a muitas propriedades críticas para obter uma estrutura e características sensoriais desejáveis, a sacarose é o açúcar mais comumente usado. Ela transmite um sabor doce e limpo apreciado pelos consumidores, e aumenta a temperatura de gelatinização do amido e desnaturação da proteína do ovo, permitindo que as bolhas de gás se expandam antes da formação do gel (PSIMOULI; OREOPOULOU, 2012). Além disso, a sacarose fornece estabilidade de espuma e estende a vida de prateleira de bolos (GODEFROIDT et al., 2019). Quando exposta à alta temperatura, a sacarose se degrada em

frutose e glicose, que são os açúcares redutores que participam das reações de escurecimento de Maillard (KRUPA-KOZAK et al., 2020).

Os açúcares formados pelo ativo hidrolítico da amilase podem ser substrato em várias reações formando sabores e aromas. Principalmente, o processo de caramelização, a reação de Maillard e a degradação de Strecker são reações que ocorrem durante o processo de cozimento sob a influência do calor e na presença de vários redutores açúcares. Eles são os principais responsáveis pelo sabor de pão de trigo (CHO; PETERSON, 2010; REBHOLZ et al., 2020).

2.1.5. Gordura

Gorduras e óleos são essenciais na nutrição humana e importantes componentes de muitos alimentos onde contribuem significativamente para qualidade do produto (ROHM; SCHÄPER; ZAHN, 2018). A gordura fornece propriedades sensoriais importantes, como cor, sabor, textura e odor para produtos de panificação, que geralmente contêm grandes quantidades desse lipídio (CARCEA, 2020).

Em produtos de panificação, as gorduras afetam a massa ou propriedades de processamento da massa, como viscosidade ou extensibilidade, o comportamento durante o cozimento, como o aumento de volume ou perda de cozimento e a textura e sabor dos produtos finais (ROHM; SCHÄPER; ZAHN, 2018).

Margarina e gordura são ingredientes viscoelásticos semi-sólidos com propriedades que dependem muito da fração de gordura cristalizada e, portanto, da temperatura. Em massas, a fração líquida da gordura garante a lubrificação adequada considerando que a fração sólida contribui para a microestrutura da massa e retém bolhas de ar que contribuem para o desenvolvimento do volume durante o cozimento. O termo encurtamento refere-se especificamente à capacidade da gordura em prevenir o desenvolvimento de uma rede de glúten na massa, quando as partículas de farinha são cobertas com gordura, há a difusão de umidade e consequentemente, a hidratação das proteínas é limitada. Isso leva a uma massa mais curta e menos elástica e produtos finais mais macios (HUSCHKA et al., 2011; MARANGONI; GOLDSTEIN; SEETHARAMAN, 2014; ROHM; SCHÄPER; ZAHN, 2018)

O encurtamento de panificação é definido como a capacidade de uma gordura lubrificar, enfraquecer ou encurtar a estrutura de produtos de panificação, proporcionando assim efeitos de amaciamento e outras propriedades texturais desejáveis para produtos de confeitaria (XU et al., 2018). Durante o processo de mistura da massa, os lipídios interagem

com o glúten e partículas de amido para fortalecer sua rede, melhorando assim a retenção de gás da massa. Consequentemente, produtos de padaria tornam-se amolecidos, resultando em grãos consistentes, sensação de lubrificação na boca, transferência de calor aprimorada e vida útil estendida (GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002; HUANG et al., 2019).

Os lipídios desempenham ainda um papel crítico na fabricação do pão. Como no efeito de reduzir a firmeza do miolo e a digestibilidade do amido por sua interação com a rede de glúten e sua conjugação com a amilose (JUKIĆ et al., 2019; LAU; ZHOU; HENRY, 2016; ZHU; LI, 2019). Parte disso podem ser as interações do glúten em termos de reologia da massa e características texturais do pão (CHANDRASHEKAR; THANGARAJ; DASAPPA, 2019; ZHAN et al., 2019). Isso pode ser ligado às interações proteína-proteína durante a formação da massa (BRAVO-NUÑEZ et al., 2018; HUANG et al., 2020).

As interações de ligação lipídio-proteína podem aumentar a polimerização do glúten. No entanto, a ligação iônica anfifílica causará agregação de interface devido à neutralização de carga e, portanto, esta interação também pode diminuir a atividade de superfície, como a concentração de lipídios na interface óleo-aquoso aumenta a certo nível, o que leva à interrupção das interações proteína-proteína na interface filme (DALGLEISH, 2004). A interação glúten-lipídio produz um equilíbrio dinâmico na atividade de superfície, alterando a atividade da superfície e capacidade de aeração. Este mecanismo é crítico para as características reológicas da massa e propriedades texturais do produto (HUANG et al., 2019).

Assim, as gorduras desempenham principalmente três tipos de funções na massa de pão. Primeiro, os cristais de lipídios protegem o desenvolvimento da rede de glúten como plastificante. Em segundo lugar, os cristais de lipídios se alinham à interface gás-líquido das bolhas durante a mistura de massa, exercendo efeitos lubrificantes (FERNANDES; SALAS-MELLADO, 2017). Por último, os cristais de lipídios aumentam o índice de estabilidade de massa de pão (GRAÇA et al., 2018).

2.1.6. Leite

Na panificação os leites e seus derivados desempenham diversas funções, não só como matéria-prima base para consumo, mas como ingrediente complementar para os mais variados produtos, principalmente pela presença de gorduras em sua composição. As gorduras agem como melhorados nas massas, podem fortalecer, amaciar e intensificar os produtos de panificados (HUANG et al., 2019).

2.1.7. Ovos

Os ovos são considerados ingredientes saudáveis que devido às proteínas, minerais, vitaminas e lipídios presentes, viabilizam seu consumo e utilização para agregar qualidade nutricional e tecnológica à formulação de produtos alimentícios (SANG et al., 2020).

A utilização de ovos já é amplamente aplicada em molhos, cremes, maionese e panificação, por melhorar significamente a textura, sabor e cor destes produtos. Se tratando especificamente em pães, o ovo pode atuar como um substituto da gordura vegetal, aumentando o volume do pão, o amaciamento do miolo, originado maior capacidade de retenção de gases (SANG et al., 2020).

O ovo causa o aumento na elasticidade, resistência e adesividade nas massas (LARROSA et al., 2016), a albumina do ovo pode promover maior mastigabilidade dos ingredientes adicionados, e a clara viabilizar a formação de uma rede de proteína (GUO; GAO; ZHU, 2020).

2.1.8. Sal

Entre os alimentos, os produtos de confeitaria são uma das principais fontes de sal (SILOW et al., 2016). A substituição total de cloreto de sódio em produtos de panificação é muito difícil de alcançar devido aos seus efeitos tecnológicos no processamento e na qualidade do produto assado, especialmente no sabor (LYNCH et al., 2009; MOREAU et al., 2009). O impacto mais importante do sal está presente no perfil de sabor, pelo fato de conferir um sabor salgado único (KOLIANDRIS et al., 2010). Além do mais, mesmo em pequenas quantidades, é um dos ingredientes com grande impacto nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do produto final (VOINEA; STROE; CODINĂ, 2020).

O sal endurece o glúten, aumenta a consistência da massa e retarda a fermentação e a reação de Maillard. Além de favorecer a formação de crosta (AREPALLY et al., 2020).

2.1.9. Fermento

O incremento de fermento nas massas é o que irá promover a produção de gases de fermento através das leveduras, atuando diretamente no aumento e na textura dos produtos durante o cozimento (AREPALLY et al., 2020). A principal levedura utilizada na fermentação de alimentos e bebidas é a *Saccharomyces Cerevisiae*, sua utilização e resposta dependem do meio e resultado esperado, nas produções de pães, ela utiliza o complexo de açúcar, resiste às diversas etapas no processamento e produz aromas e sabores desejados (LAHUE et al., 2020).

A *S. Cerevisiae* prefere a utilização de glicose e frutose, por serem monossacarídeos e facilmente fermentáveis, entretanto com baixo teor de açúcar na massa, ela passa a utilizar a maltose, que é um complexo de açúcar, constituída por duas moléculas de glicose. A maltose é obtida pela quebra do amido, através das amilases presentes nos grãos de trigo (LAHUE et al., 2020).

A quantidade de volume irá depender da quantidade de gás CO2 produzido durante a fermentação. Esse processo metabólico é o resultado da conversão dos carboidratos em ácido, gases (CO2) e álcool (DECOCK; CAPPELLE, 2005). As leveduras quebram o açúcar e libera o CO2 fazendo a massa crescer, o que proporciona uma massa lisa e com um grande volume (JEROME; SINGH; DWIVEDI, 2019).

Os compostos aromáticos e atuações da levedura podem variar de acordo com as cepas de *S. cerevisiae*, sendo assim os fermentos podem apresentar diferentes perfis de pães, entre os compostos mais frequentes destaca os álcoois, aldeídos e cetonas (LAHUE et al., 2020; PÉTEL; ONNO; PROST, 2017).

2.1.10. Melhoradores

Os melhoradores são adicionados para aprimorar características em produtos. Na panificação são cuidadosamente selecionados devido à sua atividade e efeito sinérgico (TEBBEN; SHEN; LI, 2018).

Emulsificantes são lipídios polares com natureza hidrofílica e hidrofóbica. Eles reduzem a tensão da interface e alcançam maior estabilidade para a fase dispersa e também melhoram a massa de glúten, tensão superficial de água e fases de gordura (AREPALLY et al., 2020). Ao se correlacionar com a superfície hidrofóbica da proteína na rede do glúten, resulta em uma textura melhor, miolo mais macio e um maior volume no pão (RIBOTTA et al., 2004; SHEIKHOLESLAMI et al., 2021).

Os emulsificantes podem ser usados para dispersar as gorduras do leite, aumentar sua atividade de panificação, auxiliar na mistura dos ingredientes e emulsificação durante a formação da massa, promovendo aeração e distribuição de ar. São úteis também tanto no fortalecimento da massa quanto no amolecimento do pão (HUANG et al., 2019; STAMPFLI; NERSTEN, 1995).

Nos produtos de panificação, os hidrocolóides são usados para melhorar o desempenho da massa, características do pão e do bolo, qualidade sensorial e prolongar a vida de prateleira dos produtos. Além disso, as gomas podem desenvolver o sabor dos alimentos, sensação na boca, textura, retardar a retrogradação do amido, aumentar a umidade e melhorar

a qualidade total dos produtos de panificação durante o armazenamento. Eles também desenvolvem a mistura e extensão da vida útil dos produtos de panificação através da preservação da umidade e prevenção de sinérese em alimentos congelados (SALEHI, 2020).

2.1.11. Enzimas

As enzimas são utilizadas em baixas quantidades, sendo assim, compostos tóxicos são menos favoráveis a serem desenvolvidos. As enzimas, por muitas vezes são consideradas ingredientes mais naturais, por isso o uso é cada vez mais aceito na cadeia de produção de alimentos, principalmente pelos seus efeitos tecnológicos (AMANTE; FANTE; PIRES, 2020).

Na indústria de panificação, o uso de tecnologias auxiliares, como aditivos, é considerado para melhoria reológica e propriedades químicas da massa e do pão. A utilização de enzima contribui igualmente como os produtos químicos, principalmente as enzimas de origem microbiana, sendo consideradas mais seguras que as de origem biológica, e que os aditivos químicos. Diversas enzimas são exploradas para aplicação industrial, pelo seu efeito em aumentar a qualidade do pão, apesar de serem encontradas enzimas endógenas na farinha, o acréscimo de enzimas exógenas, mesmo em baixas quantidades, afetam diretamente o produto final (DAHIYA et al., 2020).

Não só enzimas, mas o incremento de emulsificantes vem sendo cada vez mais estudado e aplicado nos processos de panificação. Aplicando enzimas e melhoradores nota-se uma textura uniformizada, e melhor qualidade nos produtos desenvolvidos, que pode ser devido às ligações químicas destes componentes com a rede de glúten e os grânulos de amido (SHEIKHOLESLAMI et al., 2021).

Melhoradores como monoglicerídeos de ésteres diacetil tartáricos, podem ser substituídos por lipases microbianas. Em estudos realizados, foi observado que o uso da lipase resultou em propriedades reológicas e textura do miolo semelhantes ou melhores, quando comparados aos melhoradores (HUANG et al., 2020).

O emprego de lipase em pães reduz o tempo de fermentação, aumenta o volume durante o forneamento (GERITS; PAREYT; DELCOUR, 2014), retarda o envelhecimento e proporciona maior estabilidade das células de gás (GERITS et al., 2015a, 2015b). As lipases modificam as propriedades, a estabilidade, força e reologia de massa. Em consequência, o incremento dela proporciona aumento no volume do pão, miolos uniformes e farelos mais macios (FRAUENLOB et al., 2018).

As lipases são enzimas solúveis em água, capazes de agir em fases aquosas e orgânicas (MOUSAVI; KADIVAR, 2018). Elas podem catalisar a hidrólise na ligação de triacilgliceróis, assim os lipídeos podem atuar como substrato das lipases. Além das aplicações para melhorar a estrutura e textura do miolo, as lipases atuam na retrogradação do amido durante o armazenamento (COLAKOGLU; ÖZKAYA, 2012; GERITS et al., 2015b; GERITS; PAREYT; DELCOUR, 2014; MELIS et al., 2019).

2.2. Textura

A escolha de um produto é influenciada por sua textura, sensação na boca, digestibilidade e saciedade (BISWAS et al., 2014; MCCRICKERD; FORDE, 2016). A textura, apesar de não possuir uma definição unânime, a Organização Internacional de Normalização (ISO) define textura como "todos os atributos mecânicos, geométricos e de superfície de um produto perceptível por meio de técnicas mecânicas, táteis e, quando apropriado, visuais e auditivos receptores" (ISO, 2020; STOKES; BOEHM; BAIER, 2013), ou seja, compreendem todas as características do alimento percebido pelos sentidos humanos (PEREIRA; BARROSO; GIL, 2021).

As percepções sensoriais são análises de grande importância para um produto. A preferência aos atributos de textura pode variar de indivíduo para indivíduo, essa variação pode ser principalmente devido às vivências pessoais, lembranças estabelecidas com o produto, e a cultura de cada pessoa (CHEN; ROSENTHAL, 2015; PEREIRA; BARROSO; GIL, 2021), entretanto as análises instrumentais estabelecem padronização e controle de qualidade na produção dos alimentos, alguns aparelhos como reômetro, viscosímetro e analisador de textura podem ser utilizados para verificação de alguns atributos esperados pelo consumidor, como maciez, cremosidade, oleosidade e etc (WANG; WANG; CHEN, 2021).

Dureza, coesão, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade são características texturais frequentemente estudadas. A dureza é a força necessária para causar certa deformação em um produto. A coesão está relacionada às ligações internas e sua aptidão de se desfigurar antes de romper. A elasticidade é referente à habilidade de recompor sua estrutura após compressão. Por fim, a gomosidade e mastigabilidade estão relacionadas à energia exigida para fragmentar e mastigar, respectivamente, o alimento. A gomosidade está associada aos produtos pastosos e mastigabilidade aos sólidos (OYINLOYE; YOON, 2020; SUNGSINCHAI et al., 2019). Cada propriedade terá papel fundamental na percepção da textura, e podem ser utilizadas no design e fabricação de produtos mais saudáveis com atributos que incentivem as pessoas nessa escolha (PEREIRA; BARROSO; GIL, 2021).

A análise do perfil de textura (TPA - *Texture Profile Analysis*) tem sido abrangentemente utilizada na área de panificação para avaliar os atributos de qualidade que interferem na aceitação dos alimentos. Através da TPA é possível analisar a firmeza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, entre outras propriedades, tornando-a um método vantajoso na caracterização de novos produtos alimentícios (WEE; TAN; FORDE, 2018).

O teste de compressão é um dos testes de deformação mais utilizados. Este teste aplica uma determinada força para causar uma deformação no alimento (CHEN; OPARA, 2013). A partir do emprego de uma tensão, inicia uma perturbação no interior do alimento até que um ponto crítico seja alcançado e ocorre a quebra da estrutura (ANDREANI, 2018; PIAZZA; GIGLI; BALLABIO, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Processamento de Alimentos e no Laboratório Multiusuário de Análises (LabMulti) no Setor de Engenharia de Alimentos, da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia (GO), entre os dias 25 de janeiro a 16 de fevereiro de 2021.

3.1. Matéria-prima

As matérias-primas foram adquiridas no comércio local de Goiânia. As enzimas Lipase Lipopan® F BG, Lipase Lipopan® XTRA BG e Lipase Lipopan® Prime foram doadas pela empresa Novozymes Latin America LTDA, e armazenadas a 5°C ao abrigo da luz. Segundo informações cedidas pelo fornecedor, as lipases Lipopan® F BG, Lipopan® XTRA BG e Lipopan® Prime apresentam atividade enzimática de 25 KLU/g, 7,2 KLU/g e 10 KLU/g, respectivamente.

3.2. Formulação da massa

As massas foram formuladas com o percentual de farinha de trigo (100%), água (35,5%), açúcar (13%), leite (12,5%), ovos (10%), margarina (4,5%), fermento (2%) e sal (1%), semelhantes em todos tratamentos, seguindo a metodologia de Silva (2016) com adaptações. Foram formulados pães com cinco concentrações diferentes, 0 (P0), 8 (P1), 24 (P2), 32 (P3) e 40 ppm (P4), para cada enzima: Lipopan F (TF), Lipopan Prime (TP) e Lipopan XTRA (TX).

Os ingredientes foram pesados em balanças semi-analíticas (0,01), modelo BL-3200AS-BI, marca Even, com exceção das enzimas utilizando-se balanças de precisão analíticas (0,0001), modelo AY220, marca Marte.

Primeiramente, os ingredientes secos foram homogeneizados para que ocorresse a diluição das enzimas e então, todos os ingredientes foram misturados em máquina Panificadora Mondial Premium modelo PF-51 220V, por cerca de 20 minutos e descanso de 10 minutos. Após a retirada da máquina, a massa foi dividida em quatro partes, na qual uma parte foi utilizada para análises e as demais foram modeladas. Todas foram fermentadas por 1 hora e 30 minutos, em temperatura de 32°C, em seguida foram assadas em forno pré-aquecido a 150 ºC por 25 minutos. Após o forneamento, os pães foram desenformados e embalados ao atingirem temperatura de 25°C.

3.3. Análises das massas

3.3.1. Expansão da massa

Para analisar a expansão da massa durante a fermentação, as massas foram boleadas e acomodadas em provetas, a temperatura de 32°C durante 1 hora e 30 minutos. O aumento da massa foi medido pelo deslocamento da massa na proveta, calculada de acordo com a Equação 1, expresso em porcentagem (%).

$$EM = \frac{(V_f - V_i)}{V_i} \times 100 \quad (1)$$

EM= Expansão da massa durante a fermentação;

V_f= Volume Final;

V_i= Volume Inicial.

3.3.2. Textura da massa

As massas foram analisadas pelo teste de compressão em Texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, England), de acordo com a metodologia de Tsatsaragkou et al. (2014), utilizando geometria de placas paralelas (diâmetro de 25 mm e intervalo de 1 mm). As amostras foram comprimidas por duas vezes até 40% da altura com um probe cilíndrico de 35 mm de diâmetro, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 2,0, 5,0 e 5,0 mm/s, respectivamente. Todas as massas estudadas possuíam média de 15 g, e foram analisadas em placas de petri após o período de fermentação.

3.4. Análises do pão

3.4.1. Textura do pão

Os pães foram analisados pelo teste de compressão em Texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, England), de acordo com a metodologia de Tsatsaragkou et al. (2014), utilizando geometria de placas paralelas (diâmetro de 25 mm e intervalo de 1 mm). As amostras foram comprimidas por duas vezes até 40% da altura com um probe cilíndrico de 35 mm de diâmetro, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 2,0, 5,0 e 5,0 mm/s, respectivamente, obtendo o parâmetro de Mastigabilidade (N*m). Apenas os miolos dos pães foram comprimidos, em temperatura ambiente (aproximadamente 25°C), com 15 mm de espessura cada fatia de pão.

3.4.2. Volume específico

O volume específico do pão foi estabelecido pela relação entre o volume (cm^3) e a massa (g) de cada amostra formada, com resultados expressos em $cm^3.g^{-1}$. Para determinação da massa foi utilizada balança analítica e o volume pelo deslocamento de sementes de painço, como no método AACC (2000).

3.5. Análise Estatística

Os experimentos foram realizados em duplicata e conduzidos através de um delineamento fatorial 3x5, tendo como variáveis independentes o tipo de enzima a ser aplicado no processo e a concentração das enzimas a serem adicionadas (0, 8, 24, 32 e 40 ppm).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido com teste de comparação múltipla, utilizando o teste de Dunnett para comparação com a testemunha e o teste de Tukey para comparação de média entre os tratamentos que se diferenciam do controle, a nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico SISVAR e o Microsoft Excel, versão 2019.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises das massas

4.1.1. Expansão da massa

A expansão da massa durante a fermentação foi analisada através do teste de Dunnett, sendo o controle (P0) a variável testemunha, comparada com as enzimas lipase TF (Lipopan F), TP (Lipopan Prime) e TX (Lipopan XTRA), nas concentrações de 8, 24, 32 e 40 ppm (Tabela 1).

Tabela 1. Expansão das massas de pão, em porcentagem (%), elaboradas com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm.

Tratamentos	P0	P1	P2	P3	P4
TF	159,15[b]	171,53[b]	230,77[a]	277,04[a]	205,86[a]
TP	159,15[b]	171,45[b]	244,23[a]	218,75[a]	164,14[b]
TX	159,15[b]	196,78[a]	218,25[a]	220,56[a]	213,81[a]

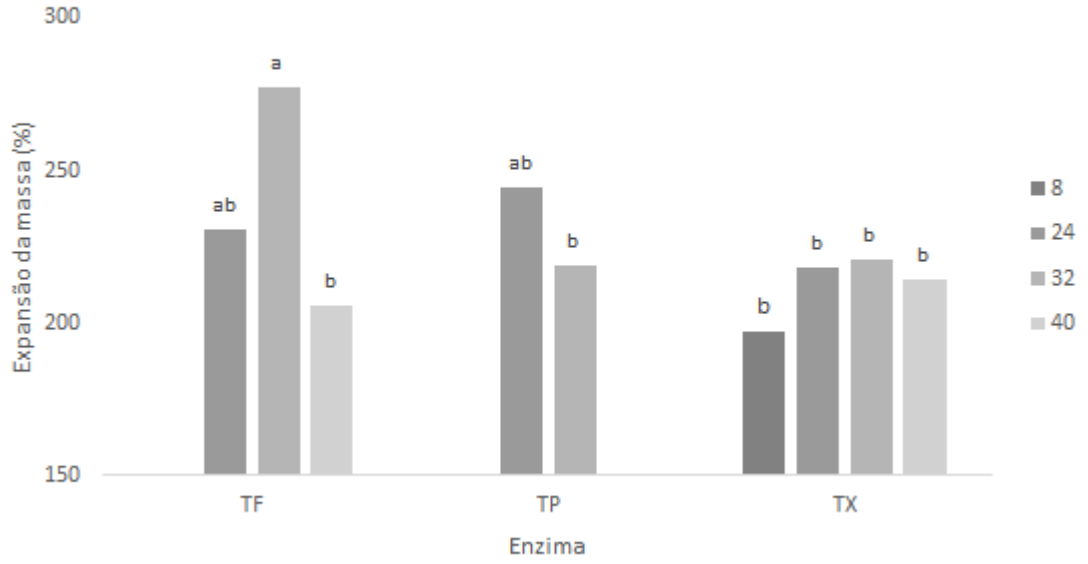
Médias seguidas com letra b, na mesma linha, não se diferem estatisticamente do tratamento controle.

O tratamento TF na formulação P1 e o TP nas formulações P1 e P4 não se diferem da formulação controle, enquanto, as demais formulações apresentam diferença significativa na expansão da massa durante a fermentação.

Esse aumento na capacidade de crescimento durante a fermentação pode ser explicado pelo fato das lipases presentes na massa alterarem a interação entre as gorduras. Elas hidrolisam os lípidos polares e apolares que formam emulsões importantes para expansão, os grupos hidrofílicos combinam com a gliadina e o grupo hidrofóbico com a glutamina, e essas interações fortalecem a rede de glúten (WANG et al., 2018). Além disso, a presença de lipase favorece o aumento da quantidade de glicerol, induzindo a maior atividade da levedura fermentativa com melhor rendimento (LI et al., 2011).

Nota-se que as formulações P2 e P3 apresentaram maiores valores na expansão para todas as enzimas. Para verificar a melhor enzima foi realizado o teste de Tukey entre as concentrações (Figura 1).

Figura 1. Expansão das massas de pão elaboradas com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm.



Barras com a mesma letra, não se diferem estatisticamente entre si.

Os tratamentos TF e TP em 24 ppm apresentaram valores intermediários para a expansão da massa durante a fermentação. Já o TF em 32 ppm obteve maior destaque nessa análise, possivelmente por essa enzima ter maior atividade enzimática em sua composição. As lipases agem sobre a interface lipídio-água, e a sua atividade consegue ter um efeito muito maior durante a homogeneização dos ingredientes. Nessa etapa hidrolisam os fosfolipídios, gerando uma variedade de produtos lipídicos que são importantes na estabilidade de bolhas de gás formadas durante a fermentação (MARIA et al., 2007). O crescimento na fermentação é desejável, pois aumentam o rendimento da massa e produzem pães mais suaves e mais porosos (AQUINO, 2012).

4.1.2. Textura da massa

Os parâmetros de textura analisados foram: dureza (N), elasticidade (%), coesividade (adimensional) e gomosidade (N) (Tabela 2). Esses parâmetros são importantes ao avaliar a textura da massa: a dureza diz respeito à força necessária para provocar a sua deformidade, enquanto que a elasticidade se refere à habilidade de recomposição desse material após sua deformação, a coesividade é à força de deformação antes de seu rompimento, e a gomosidade é a energia necessária para fragmentá-la.

Tabela 2. Textura das massas de pão elaboradas com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm.

Parâmetro	Tratamentos	P0	P1	P2	P3	P4
Dureza (N)	TF	86,48[b]	76,74[a]	84,47[b]	108,97[a]	111,97[a]
	TP	86,48[b]	88,08[b]	82,14[a]	83,90[b]	84,02[b]
	TX	86,48[b]	105,51[a]	90,63[b]	72,82[a]	96,65[a]
Elasticidade (%)	TF	0,3641[b]	0,4190[a]	0,4509[a]	0,4648[a]	0,3828[a]
	TP	0,3641[b]	0,3686[b]	0,3422[b]	0,5572[a]	0,4432[a]
	TX	0,3641[b]	0,3342[a]	0,4334[a]	0,4334[a]	0,6510[a]
Coesividade	TF	0,2013[b]	0,3024[a]	0,3592[a]	0,3686[a]	0,2116[b]
	TP	0,2013[b]	0,2754[a]	0,2087[b]	0,3486[a]	0,2726[a]
	TX	0,2013[b]	0,1874[b]	0,2898[a]	0,2538[a]	0,4493[a]
Gomosidade (N)	TF	17,72[b]	23,59[a]	30,62[a]	42,67[a]	26,40[a]
	TP	17,72[b]	27,17[a]	17,64[b]	30,23[a]	22,89[a]
	TX	17,72[b]	20,78[a]	28,15[a]	18,40[b]	43,01[a]

Médias seguidas com letra B, na mesma linha, não se diferem estatisticamente do tratamento controle.

Com a aplicação das enzimas, nota-se um aumento da dureza nos tratamentos TF (P3 e P4) e TX (P1 e P4) e também uma redução da dureza em determinadas concentrações, como TF (P1), TP (P2) e TX (P3). Nesse parâmetro os maiores valores apresentam massas que necessitam de mais força para a mistura dos ingredientes e seu desenvolvimento (AQUINO, 2012). Essa característica depende do processo de mistura utilizado, para misturadores com grande força mecânica é desejável massas mais firmes.

As enzimas atuam de forma positiva na elasticidade da massa, apenas o tratamento TP (P1 e P2) não se diferencia do controle. O aumento da elasticidade pode ser atribuído à atuação enzimática na rede de glúten, fortalecendo as redes de gliadina e glutenina, propiciando uma massa mais estável, o que provoca a melhoria na qualidade do produto final, com o aumento de volume e uma melhor estrutura do miolo do pão. O tratamento TX (P1) foi o único que obteve elasticidade inferior ao controle, possivelmente pela baixa concentração de enzimas, não conseguindo atuar de forma significativa para o aumento desse parâmetro.

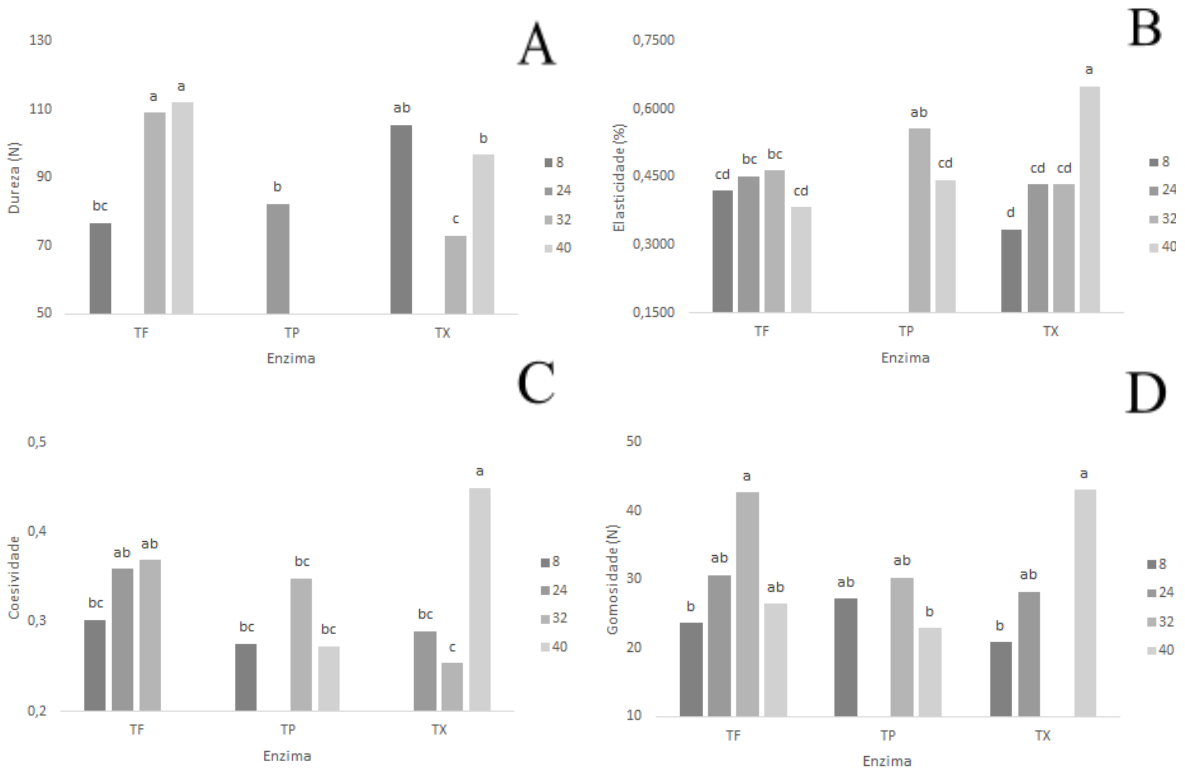
A coesividade da massa é um parâmetro para predizer o frescor do pão (BOLLAÍN; COLLAR, 2004). Subentende-se que quanto maior os valores desse critério haverá produção

de pão com maior frescor, o que demonstra um fator positivo da alta coesividade das massas ao utilizar enzimas. Com adição de enzimas, as massas apresentaram maior coesividade ou não se distinguiram do controle, como em TF (P4), TP (P2) e TX (P1). Para TF é notório que a alta concentração enzimática não causa grandes efeitos para este parâmetro. Já para TX a baixa concentração apresenta o mesmo comportamento.

Os valores de gomosidade podem indicar a energia necessária para desintegrar um alimento, quanto maior, mais energia (COSTA et al., 2020). A utilização de enzimas demonstrou massas com maior gomosidade, o que reflete na dificuldade em fragmentá-las, resultando em massas mais compactas. A incorporação de enzima apresentou massas com valores de gomosidade superiores ao controle, exceto para TP (P2) e TX (P3).

Entre as enzimas, nas concentrações que se diferem do controle, observam-se variações ($p<0,05$) no comportamento de cada lipase para as propriedades de textura, conforme as figuras abaixo.

Figura 2. Efeito das lipases, com 8, 24, 32 e 40 ppm, nas propriedades texturais do pão: dureza (A), elasticidade (B), coesividade (C) e gomosidade (D).



Barras com a mesma letra, não se diferem estatisticamente entre si.

Os tratamentos TF (P3 e P4) e TX (P1) obtiveram maior dureza nas massas. Nas indústrias os processos seguem padrões de produção, valores mais altos na dureza podem

exigir mais energia dos equipamentos de mistura, no entanto essa dureza pode indicar a uniformidade para os produtos modelados após a fermentação e o forneamento (AQUINO, 2012). Já índices mais baixos podem dificultar o manuseio e a modelagem da massa durante o processamento.

Para produção, padronização e mudanças nas massas de pães, as lipases TF e TX se mostram mais interessantes, já que seus índices de dureza obtiveram variações com a adição de dosagem, podendo modificar a resistência da massa, conforme desejado. Já o TP apresenta valores constantes em suas concentrações, assim sua utilização não se mostra vantajosa, uma vez que ela não apresentará grandes mudanças para esse atributo.

O tratamento TX apresentou maior desempenho em 40 ppm, e foi a enzima com maior grau de elasticidade. Valores maiores de elasticidade podem conferir maior expansão das massas durante o forneamento, o que auxilia na retenção das células de gases, evitando rupturas precoces na massa em altas temperaturas, favorecendo assim a porosidade dos pães (RENZETTI, S. 2010).

A alta coesividade somada a elasticidade apresentam uma massa mais consistente (SANTOS et al., 2021) e os tratamentos TF (24 e 32 ppm) e TX (40 ppm) tiveram maior destaque nesse critério. Esse aumento na coesão da massa pode indicar fortalecimento da estrutura interna.

Na gomosidade, destaca-se os valores dos tratamentos TF 32 ppm e TX 40 ppm. A gomosidade, elasticidade e coesividade estão diretamente ligadas ao poder de inchamento. O inchaço dos grânulos de amido, com o processo de gelatinização, permite a expansão da massa (CAZZANIGA et al., 2021). As lipases intensificaram significativamente as propriedades de expansão e textura (dureza, elasticidade, coesividade e gomosidade). A concentração de 8 ppm, apesar de para algumas enzimas ter efeitos positivos, foi a concentração com menor desempenho tecnológico nesses parâmetros. É evidenciado a faixa de 24 a 40 ppm os melhores desenvolvimentos. Entre as enzimas, a lipase TP foi o tratamento que menos se diferenciou do controle nas concentrações analisadas.

As lipases TF e TX foram as enzimas com maior destaque nas características da massa, sendo a melhor concentração da TF a de 32 ppm, visto que concentrações superiores, como 40 ppm, apresentaram efeitos negativos. Comportamento contrário foi observado para TX, tendo maior atividade na concentração de 40 ppm. Essa diferença pode ser devido a atividade enzimática de cada lipase, visto que na TF há uma redução nas propriedades de

textura, possivelmente pelo excesso de atividade microbiana, enquanto no TX há um ponto ótimo nesse parâmetro, no mesmo intervalo.

Os resultados encontrados para as massas estão de acordo com pesquisas que associam a atuação das lipases na distribuição e modificação dos lipídios. As mudanças nas interações dos lipídios com as proteínas podem fortalecer a rede glúten e auxiliar na retenção de gás. Na literatura, é proposto que as ligações de lipídios fortalecem a estrutura viscoelástica das massas, seja por pontes entre a glutenina e a gliadina através dos galactolipídeos, por meio das interações do amido com as proteínas do glúten pela lecitina e pelos galactolipídeos, ou pela blindagem da rede de glúten por lipídeos, entre outros efeitos (HOSENEY; POMERANZ; FINNEY, 1970; JANSSEN et al., 2018; KÖHLER, 2001; MELIS; DELCOUR, 2020). Estudos também associam esses efeitos, diretamente na reologia das massas, devido às ações na interface gás-líquido, pelas camadas lipídicas sobre as células de gás (SCHAFFARCZYK et al., 2016). Essas alterações ocorrem principalmente durante a mistura, nesta etapa os lipídios agem como lubrificantes, ou seja, causam uma mistura mais suave, permitindo uma distribuição uniforme do glúten (GARZÓN et al., 2018; HUANG et al., 2020).

Os lipídeos polares também influenciam as estruturas das proteínas, aumentando a extensão da massa e de sua superfície, garantindo melhor estabilidade às células de gás. Porém vale ressaltar que como as lipases estão associadas a essa distribuição, as perturbações nas interações entre o glúten, amido e os lipídios, podem também implicar em efeitos negativos a rede de glúten, devido ao aumento excessivo na concentração e/ou polaridade dos lipídios (MELIS; DELCOUR, 2020; MELIS; MEZA MORALES; DELCOUR, 2019) como observado com o aumento de concentração em algumas lipases, causando efeitos desfavoráveis para a massa do pão.

4.2. Análises do pão

4.2.1. Textura do pão

O parâmetro avaliado de textura do pão foi a mastigabilidade, levando em consideração o tratamento controle (P0) (Tabela 3).

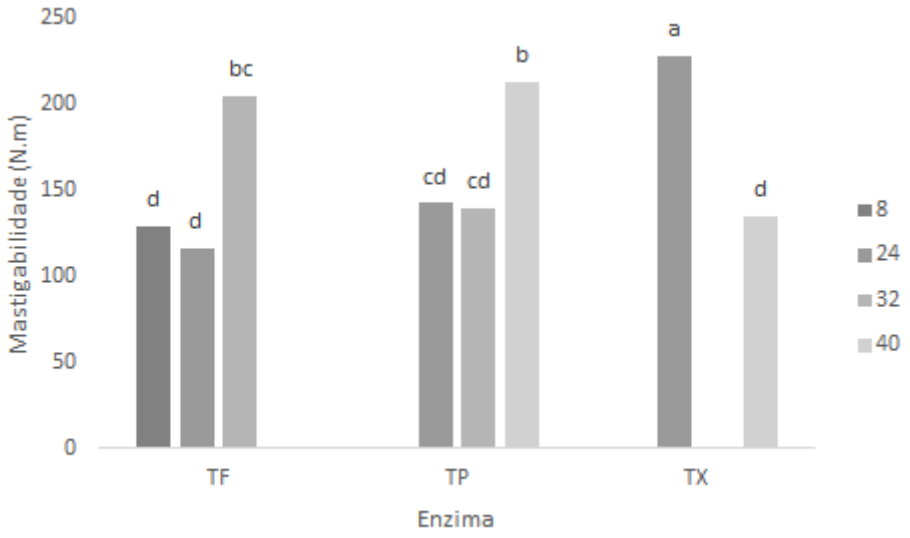
Tabela 3. Mastigabilidade (N*m) do pão elaborado com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm.

Tratamentos	P0	P1	P2	P3	P4
TF	172,76[b]	128,98[a]	116,49[a]	205,43[a]	178,91[b]
TP	172,76[b]	167,75[b]	142,71[a]	139,70[a]	213,23[a]
TX	172,76[b]	163,07[b]	288,22[a]	159,65[b]	135,15[a]

Médias seguidas com letra B, na mesma linha, não se diferem estatisticamente do tratamento controle.

Estatisticamente as lipases TF (P4), TP (P1) e TX (P1 e P3) são semelhantes ao controle. Nas formulações TF e TP após atingirem um ponto ótimo não são observadas melhorias significativas com o aumento de enzimas, mas sim o aumento na mastigabilidade por uma possível competição entre as enzimas, o que não acontece na formulação TX, possivelmente por ela apresentar uma menor atividade enzimática.

Figura 3. Mastigabilidade do pão elaborado com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm.



Barras com a mesma letra, não se diferem estatisticamente entre si.

Ao comparar os resultados percebe-se melhores valores de mastigabilidade em TF (8 ppm e 24 ppm) e TX (40 ppm). Valores menores são mais preferíveis para os pães, pois são considerados mais fáceis de digerir, ou seja, mais macios. A maciez desses pães pode ser atribuída pelo efeito da lipase na modificação da gordura do leite (HUANG et al., 2020). Gandra et al. (2008) observaram em estudo com análises sensoriais, maior preferência dos

provadores, nos atributos de textura e aparência, pães com aplicação de lipases em relação ao pão de forma tradicional.

Ao correlacionar o controle aos pães adicionados com enzimas é notória uma redução de mastigabilidade na maior parte das concentrações de cada lipase, exceto em TF (P3), TP (P4) e TX (P2). Esse atributo não deve apresentar um valor muito alto para o pão de forma (NUNES, 2008). Para TF (P3) e TP (P4) o aumento dos valores em comparação ao controle não foi tão expressivo como em TX (P2). Collar, Bollaín e Angioloni (2005) ao avaliarem o efeito da α-amilase, transglutaminase e xilanase em pão produzido com farinha branca e farinha integral também observaram aumento na mastigabilidade com adição de enzima. Apesar desses tratamentos possuírem maior valor de mastigabilidade, alguns consumidores apreciam esse tipo de característica pela sensação de saciedade (CAUVAIN, 1998).

4.2.2. Volume específico

O volume específico (cm^3/g) do tratamento testemunha (P0) e das enzimas (TF, TP e TX) foi analisado através do teste de Dunnett (Tabela 4).

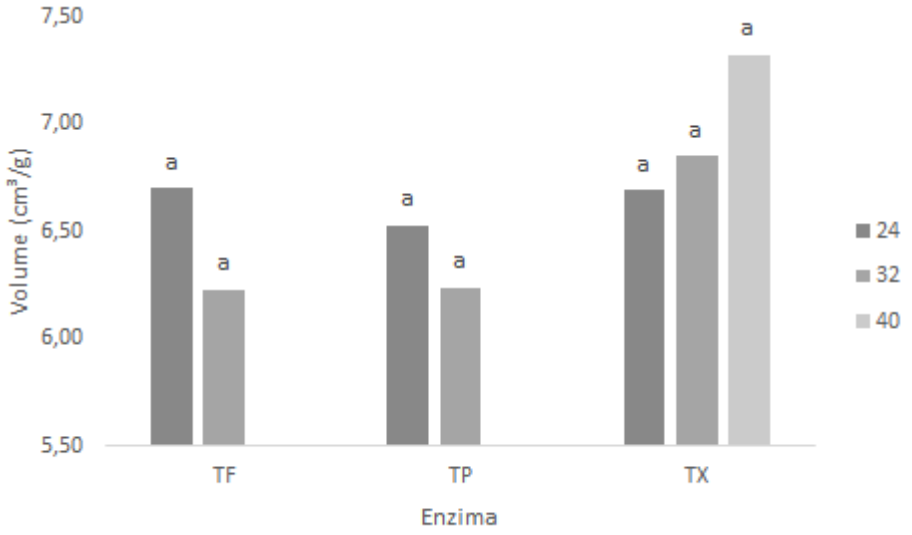
Tabela 4. Volume específico (cm^3/g) de pão elaborado com diferentes lipases nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm.

Tratamentos	P0	P1	P2	P3	P4
TF	$5,51^b$	$5,94^b$	$6,77^a$	$6,50^a$	$6,13^b$
TP	$5,51^b$	$6,14^b$	$6,58^a$	$6,55^a$	$5,50^b$
TX	$5,51^b$	$6,15^b$	$6,88^a$	$7,05^a$	$7,29^a$

Médias seguidas com letra B, na mesma linha, não se diferem estatisticamente do tratamento controle.

O controle não possui diferença para as enzimas TF e TP nas concentrações P1 e P4 e TX na concentração P1. Para o TF e TP há um aumento de volume específico entre P2 e P3, após esse intervalo há um declínio nessa característica. Para o TX foi identificado um aumento gradativo no volume com o acréscimo de enzima (Figura 4).

Figura 4. Volume específico de pão elaborado com diferentes lipases nas concentrações 24, 32 e 40 ppm.



Barras com a mesma letra, não se diferem estatisticamente entre si.

As lipases obtiveram bons resultados para o volume específico de pães não se diferenciando entre si. Ao observar a maior concentração (40 ppm), o volume específico do tratamento TF e TP não se difere do controle, enquanto o tratamento TX possui o maior volume específico nessa quantidade. O volume específico é associado à qualidade do pão sendo um dos atributos mais importantes para avaliar sua estrutura, relacionada principalmente à quantidade de gás produzido e a sua capacidade de retenção (EL DASH, 1982). Assim, maiores valores de volume específico são desejados. Esse aumento de volume específico em pães incorporados com enzima está associado a uma boa formação da rede de glúten. As propriedades do glúten, nas interações físicas e nas reações químicas, são afetadas durante as etapas de mistura, fermentação e cozimento. Essas propriedades apresentam grande impacto nas características finais do pão.

O aumento do volume do pão provocado pela lipase está relacionado à quebra dos galactolipídeos, que afetam fortemente o volume do produto. Sendo o volume específico do pão, aperfeiçoado pelo lisogalactolipídeo (GERITS et al., 2014). Melis, et al. (2019) avaliaram diferentes dosagens de uma lipase em pão, visto que o aumento do volume foi causado pela hidrólise desses substratos, que são mais acessíveis. Como observado em TF e TP nas concentrações 8, 24, 32 e 40 ppm, a influência da lipase no volume específico depende de sua quantidade, com o acréscimo de lipase, o volume específico aumenta até alcançar seu ponto máximo, após isso ele começa a decair, resultando em volumes cada vez menores. Assim, ao alcançarem um nível ótimo (24 e 32 ppm) seu volume específico começou a

reduzir de acordo com sua concentração não se diferenciando da amostra controle em 40 ppm. Essa overdose diminui o volume do pão, o que se deve a redução da estabilidade da célula de gás, causando um colapso ao atingir o ápice de porosidade em altas concentrações. Três fatores descrevem o efeito da lipase em pães, a dosagem ideal, a tolerância à sobredosagem e o aumento máximo do volume (GERITS et al., 2014; HUANG et al., 2020).

Interações hidrofóbicas fortalecem a rede de glúten. Na homogeneização da massa, ao serem hidratados, as partículas de amido incham, resultando em uma rede extensível. Os cristais lipídicos, ao provocar a lubrificação da rede de glúten, causam sua uniformização e aumentam a aeração da massa (DING; YANG, 2013; GARZÓN et al., 2018; PAREYT et al., 2011), o que favoreceu o aumento do volume dos pães.

Liu et al. (2017) observou que pães maiores eram mais macios e possuíam maior porosidade, apresentando menores valores de firmeza e menor força de mastigação. Ao correlacionar o volume dos pães com esse parâmetro, aponta-se que a TX 40 ppm apresentou maior volume e menor mastigabilidade, o mesmo comportamento foi observado em 24 ppm para a TF e TP. Constata-se que a utilização de enzimas é um fator positivo para as características tecnológicas tanto da massa quanto do pão.

5. CONCLUSÃO

As lipases apresentam eficiência e importância para melhor qualidade no desenvolvimento dos pães de forma e as propriedades encontradas nas massas após aplicação da enzima, refletiram na melhoria da textura final e volume dos pães. Os melhores efeitos foram observados na Lipopan F, entre 24 e 32 ppm, e na Lipopan XTRA em 40 ppm.

REFERÊNCIAS

AACC International Métodos aprovados da AACC. **Diretrizes para medição de volume por deslocamento de colza**. 2000.

ANDREANI, P.. **MEDIDAS SIMULTÂNEAS MECÂNICAS E ACÚSTICAS E CORRELAÇÕES SENSORIAIS PARA ALIMENTOS CROCANTES**. 2018. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da diretoria colegiada- RDC N-262, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005 p. 368-369. ISSN 1677-7042. Disponível em:< www.**anvisa**.gov.br> Acessado em: 01 de abril 2021.

ABIP, Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. **Com a pandemia, setor de panificação apresenta retração no faturamento de 3,3% | ABIP**. 2020. Disponível em: https://www.abip.org.br/site/com-a-pandemia-setor-de-panificacao-apresenta-retracao-no-faturamento-de-33/. Acesso em: 7 mar. 2021.

AMANTE, P. R.; FANTE, C. A.; PIRES, R. L.. Use of Transglutaminase in Bakery Products. **Journal of Culinary Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 18, n. 6, p. 549–559, 2020. DOI: 10.1080/15428052.2019.1681045. Disponível em: https://doi.org/10.1080/15428052.2019.1681045.

AQUINO, V. C. D.. **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos**. 2012. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo, 2012.

AREPALLY, D.; REDDY, R. S.; GOSWAMI, T. K.; DATTA, A. K. Biscuit baking: A review. **Lwt**, *[S. l.]*, v. 131, n. January, p. 1–14, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109726.

AVILES, G.; **Faced with flour and yeast shortages, bakers get creative**. 2020. Disponível em: https://www.nbcnews.com/pop-culture/pop-culture-news/faced-flour-yeast-shortages-bakers-get-creative-n1180171. Acesso em: 11 mar. 2021.

BATISTA, R. D.; PAULA, F. C.; ALMEIDA, A. F. Frutosiltransferase e invertase: conceitos, fontes de produção e aplicações em alimentos. *In*: **CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS: CONCEITOS E APLICAÇÕES**. [s.l: s.n.]. p. 81–92.

BILYK, O.; KHALIKOVA, E.; SHEVCHENKO, A.; KOCHUBEI-LYTVYNENKO, O.; BONDARENKO, Y.; FAIN, A.. Effect of the complex improver on consumer properties of bakery products. **Ukrainian Food Journal**, *[S. l.]*, v. 9, n. 1, p. 148–158, 2020. DOI: 10.24263/2304-974x-2020-9-1-13.

BISWAS, D.; SZOCS, C;; KRISHNA, A;; LEHMANN, D. R. Something to Chew On: The Effects of Oral Haptics on Mastication, Orosensory Perception, and Calorie Estimation. **Journal of Consumer Research**, *[S. l.]*, v. 41, n. 2, p. 261–273, 2014. DOI: 10.1086/675739. Disponível em: https://academic.oup.com/jcr/article-lookup/doi/10.1086/675739. Acesso em: 3 abr. 2021.

BOLLAÍN, C.; COLLAR, C. Dough viscoelastic response of hydrocolloid/enzyme/surfactant blends assessed by uni- and bi-axial extension measurements. **Food Hydrocolloids**, *[S. l.]*, v. 18, n. 3, p. 499–507, 2004. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2003.08.007.

BORGHT, A. V. D.; GOESAERT, H.; VERAVERBEKE, W. S.; DELCOUR, J. A. **Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: Overview of the main processes and the factors involvedJournal of Cereal Science**Academic Press, , 2005. DOI: 10.1016/j.jcs.2004.09.008.

BRAVO-NUÑEZ, A.; SAHAGÚN, M.; MARTÍNEZ, P.; GÓMEZ, M.. Incorporation of gluten and hydrolysed gluten proteins has different effects on dough rheology and cookie characteristics. **International Journal of Food Science & Technology**, *[S. l.]*, v. 53, n. 6, p. 1452–1458, 2018. DOI: 10.1111/ijfs.13724. Disponível em: http://doi.wiley.com/10.1111/ijfs.13724. Acesso em: 11 mar. 2021.

CARCEA, M. Nutritional value of grain-based foods. **Foods**, Rome, v. 9, n. 4, p. 1–5, 2020. DOI: 10.3390/foods9040504.

CAUVAIN, S. P. Improving the control of staling in frozen bakery products. **Trends Food Science Technology**. Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 56-61, 1998.

CAZZANIGA, A.; HASE, S.; BROUSSE, M. M.; LINARES, A. R. Properties of dehydrated cassava puree and wheat flour blends and its relationship with the texture of doughs. **LWT**, *[S. l.]*, v. 136, p. 110310, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110310.

CHANDRA, P.; SINGH, R.; ARORA, P. K.. Microbial lipases and their industrial applications: a comprehensive review. **BMC**, *[S. l.]*, v. 19, n. 196, p. 1–42, 2020. DOI: 10.1186/s12934-020-01428-8. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12934-020-01428-8. Acesso em: 11 mar. 2021.

CHANDRASHEKAR, S.; THANGARAJ, J.; DASAPPA, I.. Effect of partially defatted coconut flour on the rheological, physico‐sensory characteristics and fatty acid profile of no‐added fat rusk. **International Journal of Food Science & Technology**, *[S. l.]*, v. 54, n. 5, p. 1769–1776, 2019. DOI: 10.1111/ijfs.14072. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.14072. Acesso em: 11 mar. 2021.

CHEN, J.; ROSENTHAL, A.. Modifying Food Texture: Novel Ingredients and Processing Techniques. *In*: **Food texture and structure**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2015. v. 1p. 3–24. Disponível em: https://www.elsevier.com/books/modifying-food-texture/chen/978-1-78242-333-1. Acesso em: 3 abr. 2021.

CHEN, L.; OPARA, U. L.. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. **Food Research International**, *[S. l.]*, v. 51, n. 2, p. 823–835, 2013. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.01.046.

CHO, I. H.; PETERSON, D. G. Chemistry of bread aroma: A review. **Food Science and Biotechnology**, *[S. l.]*, v. 19, n. 3, p. 575–582, 2010. DOI: 10.1007/s10068-010-0081-3. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-010-0081-3. Acesso em: 11 mar. 2021.

COLAKOGLU, A. S.; ÖZKAYA, H. Potential use of exogenous lipases for DATEM replacement to modify the rheological and thermal properties of wheat flour dough. **Journal of Cereal Science**, *[S. l.]*, v. 55, n. 3, p. 397–404, 2012. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.02.001.

COLLAR, C.; BOLLAÍN, C.; ANGIOLONI, A. Significance of microbial transglutaminase on the sensory, mechanical and crumb grain pattern of enzyme supplemented fresh pan breads. **Journal of Food Engineering**, n. 70, p. 479-488, 2005.

CONTE, P.; FADDA, C.; DRABIŃSKA, N.; KRUPA-KOZAK, U. Technological and nutritional challenges, and novelty in gluten-free breadmaking: A review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, *[S. l.]*, v. 69, n. 1, p. 5–21, 2019. DOI: 10.31883/pjfns-2019-0005.

COSTA, C. S. D.; PONTES, D. F.; MEDEIROS, S. R. A.; OLIVEIRA, M. N.; HERCULANO, L. F. L.; ARAUJO, I. M. S.; PINTO, L. I. L.; MEDEIROS, M. L. M.; LEÃO, M. V. S.; SILVA, M. F. F. Caracterização tecnológica e sensorial de pães tipo forma com adição de farinha de linhaça marrom (Linum usitatissimum L.) e enzimas. **Research, Society and Development**, *[S. l.]*, v. 9, n. 12, p. e36591211201, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i12.11201. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11201. Acesso em: 3 abr. 2021.

DAHIYA, S.; BAJAJ, B. K.; KUMAR, A.; TIWARI, S. K.; SINGH, B.. A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. **Process Biochemistry**, Haryana, v. 99, n. August, p. 290–306, 2020. DOI: 10.1016/j.procbio.2020.09.002.

DALGLEISH, D. G. Their structures and propertie. *In*: MARCEL DEKKER, Inc. (org.). **Food emulsions**. 4. ed. New York< USA: Friberg, S., Larsson, K., Sjoblom, J., 2004. p. 1–60.

DECOCK, P.; CAPPELLE, S. Bread technology and sourdough technology. *In*: TRENDS IN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY 2005, **Anais** [...]. : Elsevier, 2005. p. 113–120. DOI: 10.1016/j.tifs.2004.04.012.

DELCOUR, J. A.; JOYE, I. J.; PAREYT, B.; WILDERJANS, E.; BRIJS, K.; LAGRAIN, B.. Wheat Gluten Functionality as a Quality Determinant in Cereal-Based Food Products. **Annu. Rev. Food Sci. Technol**, *[S. l.]*, v. 3, p. 469–492, 2012. DOI: 10.1146/annurev-food-022811-101303. Disponível em: www.annualreviews.org. Acesso em: 9 mar. 2021.

DING, S; YANG, J. The influence of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and quality of fried instant noodles. **LWT - Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 53, n. 1, p. 61–69, 2013. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.01.031.

DURMUS, Y.; ANIL, M.; SIMSEK, S. Effects of hazelnut skin, cross-linked starch, and oxidized starch on wheat flour and dough quality. **Journal of Food Processing and Preservation**, *[S. l.]*, n. May, p. 1–11, 2020. DOI: 10.1111/jfpp.14919.

EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNCH, L. **Cereal a renewable resource**: theory and practice. Wageningen: American Association of Cereal Chemists, p. 165-216, 1982.

ERIVE, M. O. D.; WANG, T.; HE, F.; CHEN, G.. Development of high-fiber wheat bread using microfluidized corn bran. **Food Chemistry**, *[S. l.]*, v. 310, n. November 2019, p. 125921, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125921.

FAY, J. C.; LIU, P.; ONG, G. T.; DUNHAM, M. J.; CROMIE, G. A.; JEFFERY, E. W.; LUDLOW, C. L.; DUDLEY, A. M. A polyploid admixed origin of beer yeasts derived from European and Asian wine populations. **PLOS Biology**, *[S. l.]*, v. 17, n. 3, p. e3000147, 2019. DOI: 10.1371/journal.pbio.3000147. Disponível em: https://dx.plos.org/10.1371/journal.pbio.3000147. Acesso em: 11 mar. 2021.

FERNANDES, S. S.; SALAS-MELLADO, M. l. M. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. **Food Chemistry**, *[S. l.]*, v. 227, p. 237–244, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.075.

FRAUENLOB, J.; SCHARL, M.; D'AMICO, S.; SCHOENLECHNER, R. Effect of different lipases on bread staling in comparison with Diacetyl tartaric ester of monoglycerides (DATEM). **Cereal Chemistry**, Vienna, v. 95, n. 3, p. 367–372, 2018. DOI: 10.1002/cche.10047.

GALLONE, B.; STEENSELS, J.; MERTENS, S.; DZIALO, M. C.; GPTDPM, J. L.; WAUTERS, R.; THESSELING, F. A.; BELLINAZZO. F.; SAELS, V.; MALAVER, B. H.; PRAHL, T.; WHITE, C.; HUTZLER, M.; MEUSSDOERFFER, F.; MALCORPS. P.; SOUFFRIAU, B.; DAENEN, L.; BAELE, G.; MAERE, S.; VESTREPEN, K. J. Interspecific hybridization facilitates niche adaptation in beer yeast. **Nature Ecology and Evolution**, *[S. l.]*, v. 3, n. 11, p. 1562–1575, 2019. DOI: 10.1038/s41559-019-0997-9. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31636425/. Acesso em: 11 mar. 2021.

GANDRA, K. M.; DEL BIANCHI, M.; GODOY, V. P.; QUEIROZ, F. P. C.; STEEL, C. J. Aplicação de lipase e monoglicerídeo em pão de forma enriquecido com fibras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, *[S. l.]*, v. 28, n. 1, p. 182–192, 2008. DOI: 10.1590/S0101-20612008000100027. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script= sci_arttext & pid=S0101-20612008000100027 & lng= en\ nrm= iso & tlng=pt. Acesso em: 10 maio. 2021.

GARCIA, M. V.; COPETTI, M. V. Alternative methods for mould spoilage control in bread and bakery products. **International Food Research Journal**, *[S. l.]*, v. 26, n. 3, p. 737–749, 2019.

GARZÓN, R.; HERNANDO, I.; LLORCA, E.; ROSELL, C. M. Understanding the effect of emulsifiers on bread aeration during breadmaking. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, *[S. l.]*, v. 98, n. 14, p. 5494–5502, 2018. DOI: 10.1002/jsfa.9094. Disponível em: http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.9094. Acesso em: 3 abr. 2021.

GERITS, L. R.; PAREYT, B.; DECAMPS, K.; DELCOUR, J. A. Lipases and Their Functionality in the Production of Wheat-Based Food Systems. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, *[S. l.]*, v. 13, n. 5, p. 978–989, 2014. DOI: 10.1111/1541-4337.12085. Disponível em: http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12085. Acesso em: 3 abr. 2021.

GERITS, L. R.; PAREYT, B. ; DELCOUR, J. A. A lipase based approach for studying the role of wheat lipids in bread making. **Food Chemistry**, *[S. l.]*, v. 156, p. 190–196, 2014. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.107.

GERITS, L. R.; PAREYT, B.; MASURE, H. G.; DELCOUR, J. A. Native and enzymatically modified wheat (Triticum aestivum L.) endogenous lipids in bread making: A focus on gas cell stabilization mechanisms. **Food Chemistry**, *[S. l.]*, v. 172, p. 613–621, 2015. a. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.09.064.

GERITS, L. R.; PAREYT, B.; MASURE, H. G.; DELCOUR, J. A. A lipase based approach to understand the role of wheat endogenous lipids in bread crumb firmness evolution during storage. **LWT - Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 64, n. 2, p. 874–880, 2015. b. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.06.055.

GHOTRA, B. S.; DYAL, S. D.; NARINE, S. S. Lipid shortenings: A review. **Food Research International**, *[S. l.]*, v. 35, n. 10, p. 1015–1048, 2002. DOI: 10.1016/S0963-9969(02)00163-1.

GIANNONE, V.; LAURO, M. R.; SPINA, A.; PASQUALONE, A.; AUDITORE, L.; PUGLISI, I.; PUGLISI, G. A novel α-amylase-lipase formulation as anti-staling agent in durum wheat bread. **LWT - Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 65, p. 381–389, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.08.020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.020.

GLOVER, J. D. et al. Increased food and ecosystem security via perennial grains. **Science**, *[S. l.]*, v. 328, n. 5986, p. 1638–1639, 2010. DOI: 10.1126/science.1188761. Disponível em: https://science.sciencemag.org/content/328/5986/1638. Acesso em: 11 mar. 2021.

GODEFROIDT, T.; OOMS, N.; PAREYT, B.; BRIJS, K.; DELCOUR, J. A. Ingredient Functionality During Foam‐Type Cake Making: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, *[S. l.]*, v. 18, n. 5, p. 1550–1562, 2019. DOI: 10.1111/1541-4337.12488. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12488. Acesso em: 11 mar. 2021.

GÓMEZ, M.; GUTKOSKI, L. C.; BRAVO-NÚÑEZ, A. Understanding whole-wheat flour and its effect in breads: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, *[S. l.]*, v. 19, n. 6, p. 3241–3265, 2020. DOI: 10.1111/1541-4337.12625.

GRAÇA, C.; FRADINHO, P.; SOUSA, I.; RAYMUNDO, A. Impact of Chlorella vulgaris on the rheology of wheat flour dough and bread texture. **LWT - Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 89, p. 466–474, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.11.024.

GUO, X. N.; GAO, F.; ZHU, K. X. Effect of fresh egg white addition on the quality characteristics and protein aggregation of oat noodles. **Food Chemistry**, *[S. l.]*, v. 330, n. October 2019, p. 127319, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127319. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127319.

HOSENEY, R. C.; POMERANZ, Y.; FINNEY, KF. Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. *In*: **Cereal Chemistry**. 2. ed. [s.l.] : AMER ASSOC CEREAL CHEMISTS, 3340 PILOT KNOB RD, ST PAUL, MN 55121-2097, 1970. v. 47p. 135–140. Disponível em: http://cel.webofknowledge.com/InboundService.do?customersID=atyponcel&smartRedirect=yes&mode=FullRecord&IsProductCode=Yes&product=CEL&Init=Yes&Func=Frame&action=retrieve&SrcApp=literatum&SrcAuth=atyponcel&SID=5DD7JSWlb4xfhtktV9E&UT=WOS%3AA1970G141000003. Acesso em: 3 abr. 2021.

HUANG, Z. et al. The effects of fungal lipase-treated milk lipids on bread making. **LWT - Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 128, n. April, p. 109455, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109455. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109455.

HUANG, Z.; STIPKOVITS, L.; ZHENG, H.; SERVENTI, L; BRENNAN, C. S. Bovine milk fats and their replacers in baked goods: A review. **Foods**, *[S. l.]*, v. 8, n. 9, p. 1–20, 2019. DOI: 10.3390/foods8090383.

HUSCHKA, B.; CHALLACOMBE, C.; MARANGONI, A. G.; SEETHARAMAN, K. Comparison of oil, shortening, and a structured shortening on wheat dough rheology and starch pasting properties. **Cereal Chemistry**, *[S. l.]*, v. 88, n. 3, p. 253–259, 2011. DOI: 10.1094/CCHEM-03-10-0041.

ISO. **ISO 11036: 2020 - Análise sensorial - Metodologia - Perfil de textura**. 2020. Disponível em: https://www.iso.org/standard/76668.html. Acesso em: 3 abr. 2021.

JANSSEN, F.; WOUTERS, A. G. B.; PAREYT, B.; GERITS, L. R.; DELCOUR, J. A.; WAELKENS, E.; DERUA, R. Wheat (Triticum aestivum L.) lipid species distribution in the different stages of straight dough bread making. **Food Research International**, *[S. l.]*, v. 112, p. 299–311, 2018. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.038.

JEKLE, M.; MÜHLBERGER, K.; BECKER, T. Starch-gluten interactions during gelatinization and its functionality in dough like model systems. **Food Hydrocolloids**, *[S. l.]*, v. 54, p. 196–201, 2016. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.10.005.

JEROME, R. E.; SINGH, S. K.; DWIVEDI, M. Process analytical technology for bakery industry: A review. **Journal of Food Process Engineering**, *[S. l.]*, v. 42, n. 5, p. 1–21, 2019. DOI: 10.1111/jfpe.13143.

JUKIĆ, M.; LUKINAC, J.; ČULJAK, J.; PAVLOVIĆ, M.; ŠUBARIĆ, D.; KOCEVA KOMLENIĆ, D. Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour. **International Journal of Food Science & Technology**, *[S. l.]*, v. 54, n. 3, p. 602–609, 2019. DOI: 10.1111/ijfs.13838. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.13838. Acesso em: 11 mar. 2021.

KÖHLER, P. Study of the effect of DATEM. 3: Synthesis and characterization of DATEM components. **LWT - Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 34, n. 6, p. 359–366, 2001. DOI: 10.1006/fstl.2000.0690.

KOLIANDRIS, A. L.; MORRIS, C.; HEWSON, L.; HORT, J.; TAYLOR, A. J.; WOLF, B. Correlation between saltiness perception and shear flow behaviour for viscous solutions. **Food Hydrocolloids**, *[S. l.]*, v. 24, n. 8, p. 792–799, 2010. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.04.006.

KRUPA-KOZAK, U.; DRABIŃSKA, N.; ROSELL, C. M.; PIŁAT, B.; STAROWICZ, M.; JELIŃSKI, T.; SZMATOWICZ, B. High-Quality Gluten-Free Sponge Cakes without Sucrose: Inulin-Type Fructans as Sugar Alternatives. **Foods**, *[S. l.]*, v. 9, n. 12, p. 1735, 2020. DOI: 10.3390/foods9121735.

LAHUE, C.; MADDEN, A. A.; DUNN, R. R.; SMUKOWSKI HEIL, C. History and Domestication of Saccharomyces cerevisiae in Bread Baking. **Frontiers in Genetics**, *[S. l.]*, v. 11, n. November, p. 1–15, 2020. DOI: 10.3389/fgene.2020.584718.

LANGDON, Q. K.; PERIS, D.; BAKER, É. C. P.; OPULENTE, D. A.; NGUYEN, H. V.; BONDE, U.; GONÇALBES P.; SAMPAIO, J. P.; LIBKIND, D.; HITTINGER, C. T. et al. Fermentation innovation through complex hybridization of wild and domesticated yeasts. **Nature Ecology and Evolution**, *[S. l.]*, v. 3, n. 11, p. 1576–1586, 2019. DOI: 10.1038/s41559-019-0998-8. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41559-019-0998-8. Acesso em: 11 mar. 2021.

LAOPAIBOON, L.; NUANPENG, S.; SRINOPHAKUN, P.; KLANRIT, P.; LAOPAIBOON, P.. Ethanol production from sweet sorghum juice using very high gravity technology: Effects of carbon and nitrogen supplementations. **Bioresource Technology**, *[S. l.]*, v. 100, n. 18, p. 4176–4182, 2009. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.03.046.

LARROSA, V.; LORENZO, G.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. **LWT**, *[S. l.]*, v. 70, p. 96–103, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.02.039.

LAU, E.; ZHOU, W.; HENRY, C. J. Effect of fat type in baked bread on amylose-lipid complex formation and glycaemic response. **British Journal of Nutrition**, *[S. l.]*, v. 115, n. 12, p. 2122–2129, 2016. DOI: 10.1017/S0007114516001458. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S0007114516001458. Acesso em: 11 mar. 2021.

LI, M.; YUE, Q.; LIU, C.; ZHENG, X.; HONG, J.; LI, L.; BIAN, K. Comparative study of rheology and steamed bread quality of wheat dough and gluten: Starch doughs. **Journal of Food Processing and Preservation**, *[S. l.]*, n. July 2020, p. 1–11, 2020. DOI: 10.1111/jfpp.15160.

LI, Z.; TANG, X.; HUANG, W.; LIU, J. G.; TILLEY, M.; YAO, Y. Rheology, Microstructure, and Baking Characteristics of Frozen Dough Containing *Rhizopus chinensis* Lipase and Transglutaminase. **Cereal Chemistry Journal**, *[S. l.]*, v. 88, n. 6, p. 596–601, 2011. DOI: 10.1094/CCHEM-07-11-0082. Disponível em: http://doi.wiley.com/10.1094/CCHEM-07-11-0082. Acesso em: 1 abr. 2021.

LIU, W.; BRENNAN, M.; SERVENTI, L.; BRENNAN, C. Buckwheat flour inclusion in Chinese steamed bread: potential reduction in glycemic response and effects on dough quality. **European Food Research and Technology**, *[S. l.]*, v. 243, p. 727–734, 2017. DOI: 10.1007/s00217-016-2786-x.

LYNCH, E. J.; DAL BELLO, F.; SHEEHAN, E. M.; CASHMAN, K. D.; ARENDT, E. K. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. **Food Research International**, *[S. l.]*, v. 42, n. 7, p. 885–891, 2009. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.03.014.

MARANGONI, A.; GOLDSTEIN, A.; SEETHARAMAN, K.. Lipids: Properties and Functionality. *In*: **Bakery Products Science and Technology**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2014. v. 9781119967p. 223–241.

DOI: 10.1002/9781118792001.ch12. Disponível em: http://doi.wiley.com/10.1002/9781118792001.ch12. Acesso em: 11 mar. 2021.

MARIA, L.; VIND, J.; OXENBØLL, K. M.; SVENDSEN, A.; PATKAR, S. Phospholipases and their industrial applications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, *[S. l.]*, v. 74, n. 2, p. 290–300, 2007. DOI: 10.1007/s00253-006-0775-x. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17221199/. Acesso em: 3 abr. 2021.

MCCARRON, M. **So Everyone's Googling 'Bread' Now**. 2020. Disponível em: https://www.eater.com/2020/3/25/21194467/bread-tops-google-trends-searching-for-recipes. Acesso em: 11 mar. 2021.

MCCRICKERD, K.; FORDE, C. G. Sensory influences on food intake control: moving beyond palatability. **Obesity Reviews**, *[S. l.]*, v. 17, n. 1, p. 18–29, 2016. DOI: 10.1111/obr.12340. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obr.12340. Acesso em: 3 abr. 2021.

MELIS, S.; DELCOUR, J. A. Impact of wheat endogenous lipids on the quality of fresh bread: Key terms, concepts, and underlying mechanisms. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, *[S. l.]*, v. 19, n. 6, p. 3715–3754, 2020. DOI: 10.1111/1541-4337.12616.

MELIS, S.; MEZA MORALES, W. R.; DELCOUR, J. A. Lipases in wheat flour bread making: Importance of an appropriate balance between wheat endogenous lipids and their enzymatically released hydrolysis products. **Food Chemistry**, *[S. l.]*, v. 298, n. June, p. 125002, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125002.

MELIS, S.; VERBAUWHEDE, B. C.; VAN DE VONDEL, J.; MEZA MORALES, W. R.; DELCOUR, J. A. Do puroindolines affect the impact of enzymatic lipid hydrolysis on loaf volume in bread making? **Food Chemistry**, *[S. l.]*, v. 301, n. November, p. 125273, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125273. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125273.

MOREAU, L.; LAGRANGE, J.; BINDZUS, W.; HILL, S. Influence of sodium chloride on colour, residual volatiles and acrylamide formation in model systems and breakfast cereals. **International Journal of Food Science & Technology**, *[S. l.]*, v. 44, n. 12, p. 2407–2416, 2009. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2009.01922.x. Disponível em: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2009.01922.x. Acesso em: 11 mar. 2021.

MOUSAVI, B.; KADIVAR, M. Effect of brine solution as a wheat conditioner, on lipase, amylase, and lipoxygenase activities in flour and its corresponding dough rheological properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, *[S. l.]*, v. 42, n. 6, p. 1–6, 2018. DOI: 10.1111/jfpp.13631.

NUNES, J. C. **Modificações enzimáticas em pães brancos e pães ricos em fibras:** Impacto na qualidade. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

OYINLOYE, T. M.; YOON, W. B. Stability of 3D printing using a mixture of pea protein and alginate: Precision and application of additive layer manufacturing simulation approach for stress distribution. **Journal of Food Engineering**, *[S. l.]*, v. 288, p. 110127, 2020. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110127.

PAREYT, B.; FINNIE, S. M.; PUTSEYS, J. A.; DELCOUR, J. A. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *In*: **Journal of Cereal Science**.Academic Press, 2011.

PEREIRA, T.; BARROSO, S.; GIL, M. M. Food Texture Design by 3D Printing: A Review. **Foods**, *[S. l.]*, v. 10, n. 2, p. 320, 2021. DOI: 10.3390/foods10020320.

PÉTEL, C.; ONNO, B.; PROST, C. **Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A reviewTrends in Food Science and Technology**Elsevier Ltd, , 2017. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.10.015.

PIAZZA, L.; GIGLI, J.; BALLABIO, D. On the application of chemometrics for the study of acoustic-mechanical properties of crispy bakery products. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, *[S. l.]*, v. 86, n. 1, p. 52–59, 2007. DOI: 10.1016/j.chemolab.2006.08.005.

PSIMOULI, V.; OREOPOULOU, V. The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, *[S. l.]*, v. 92, n. 1, p. 99–105, 2012. DOI: 10.1002/jsfa.4547.

Disponível em: http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.4547. Acesso em: 11 mar. 2021.

REBHOLZ, G. F.; SEBALD, K.; DIRNDORFER, S.; DAWID, C.; HOFMANN, T.; SCHERF, K. A. Impact of exogenous α-amylases on sugar formation in straight dough wheat bread. **European Food Research and Technology**, *[S. l.]*, v. 247, n. 3, p. 695–706, 2020. DOI: 10.1007/s00217-020-03657-y. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00217-020-03657-y.

REGO, Raul Amaral; VIALTA, Airton; MADI, Luis Fernando Ceribelli (ORG.). **Pães Industrializados: nutrição e pracidade com segurança e sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Abimapi/Ital, 2020. v. 53 Disponível em: https://abimapi.com.br/estudos-abimapi-ital/#your_book_name/1.

RIBOTTA, P. D.; PÉREZ, G. T.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M. C. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, *[S. l.]*, v. 18, n. 2, p. 305–313, 2004. DOI: 10.1016/S0268-005X(03)00086-9.

RIGOLDI, F.; DONINI, S.; REDAELLI, A.; PARISINI, E.; GAUTIERI, A. **Review: Engineering of thermostable enzymes for industrial applicationsAPL Bioengineering**American Institute of Physics Inc., 2018. DOI: 10.1063/1.4997367.

ROHM, H.; SCHÄPER, C.; ZAHN, S.. Interesterified fats in chocolate and bakery products: A concise review. **LWT - Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 87, p. 379–384, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.076.

SALEHI, F.. Effect of common and new gums on the quality, physical, and textural properties of bakery products: A review. **Journal of Texture Studies**, *[S. l.]*, v. 51, n. 2, p. 361–370, 2020. DOI: 10.1111/jtxs.12482.

SANG, S.; XU, D.; MA, Y.; JIN, Y.; WU, F.; XU, X.. Effect of egg yolk on the properties of wheat dough and bread. **Food Bioscience**, *[S. l.]*, v. 37, n. March, p. 100689, 2020. DOI: 10.1016/j.fbio.2020.100689. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100689.

SANTOS, F. G.; AGUIAR, E. V.; BRAGA, A. R. C.; ALENCAR, N. M. M.; ROSELL, C. M.; CAPRILES, V. D. An integrated instrumental and sensory approach to describe the effects of chickpea flour, psyllium, and their combination at reducing gluten-free bread staling. **Food Packaging and Shelf Life**, *[S. l.]*, v. 28, p. 100659, 2021. DOI: 10.1016/j.fpsl.2021.100659. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214289421000272. Acesso em: 4 abr. 2021.

SATO, K.; GOTO, S.; YONEMURA, S.; SEKINE, K.; OKUMA, E.; TAKAGI, Y.; HON-NAMI, K.; SAIKI, T. Effect of yeast extract and vitamin B12 on ethanol production from cellulose by Clostridium thermocellum I-1-B. **Applied and Environmental Microbiology**, *[S. l.]*, v. 58, n. 2, p. 734–736, 1992. DOI: 10.1128/aem.58.2.734-736.1992. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16348657/. Acesso em: 11 mar. 2021.

SCHAFFARCZYK, M.; ØSTDAL, H.; MATHEIS, O.; KOEHLER, Peter. Relationships between lipase-treated wheat lipid classes and their functional effects in wheat breadmaking. **Journal of Cereal Science**, *[S. l.]*, v. 68, p. 100–107, 2016. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.01.007.

SCHOPF, M.; SCHERF, K. A. Water Absorption Capacity Determines the Functionality of Vital Gluten Related to Specific Bread Volume. **Foods**, *[S. l.]*, v. 10, n. 2, p. 228, 2021. DOI: 10.3390/foods10020228.

SHEIKHOLESLAMI, Z.; MAHFOUZI, M.; KARIMI, M.; GHIAFEHDAVOODI, M. Modification of dough characteristics and baking quality based on whole wheat flour by enzymes and emulsifiers supplementation. **Lwt**, *[S. l.]*, v. 139, n. December 2020, p. 110794, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110794. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110794.

SILOW, C.; AXEL, C.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. **Current status of salt reduction in bread and bakery products – A reviewJournal of Cereal Science**Academic Press, , 2016. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.10.010.

SILVA, P. M. L. **Produção de Pães de Forma com Enzimas Amilolíticas: α-Amilase Fúngica e α-Amilase Maltogênica**. 2016. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SILVA, T. H. L. **DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE PÃES DURANTE O ASSAMENTO**. 2020. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

STAMPFLI, L.; NERSTEN, B. **Emulsifiers in bread making Food Chemistry** Elsevier, , 1995. DOI: 10.1016/0308-8146(95)93281-U.

STATISTA. **Bread - Worldwide**. 2021. Disponível em: https://www.statista.com/outlook/cmo/food/bread-cereal-products/bread/worldwide?currency=usd. Acesso em: 13 mar. 2021.

STEENSELS, J.; MEERSMAN, E.; SNOEK, T.; SAELS, V.; VERSTREPEN, K. J. Large-scale selection and breeding to generate industrial yeasts with superior aroma production. **Applied and Environmental Microbiology**, *[S. l.]*, v. 80, n. 22, p. 6965–6975, 2014. DOI: 10.1128/AEM.02235-14. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1128. Acesso em: 11 mar. 2021.

STOKES, J. R.; BOEHM, M. W.; BAIER, S. K. **Oral processing, texture and mouthfeel: From rheology to tribology and beyondCurrent Opinion in Colloid and Interface Science**Elsevier, , 2013. DOI: 10.1016/j.cocis.2013.04.010.

SUNGSINCHAI, S.; NIAMNUY, C.; WATTANAPAN, P.; CHAROENCHAITRAKOOL, M.; DEVAHASTIN, S. Texture Modification Technologies and Their Opportunities for the Production of Dysphagia Foods: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, *[S. l.]*, v. 18, n. 6, p. 1898–1912, 2019. DOI: 10.1111/1541-4337.12495. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12495. Acesso em: 3 abr. 2021.

TEBBEN, L.; SHEN, Y.; LI, Y. Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. **Trends in Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 81, p. 10–24, 2018. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.08.015.

TSATSARAGKOU, K.; YIANNOPOULOS, S.; KONTOGIORGI, A.; POULLI, E.; KROKIDA, M.; MANDALA, I. Effect of Carob Flour Addition on the Rheological Properties of Gluten-Free Breads. **Food and Bioprocess Technology**, *[S. l.]*, v. 7, n. 3, p. 868–876, 2014. DOI: 10.1007/s11947-013-1104-x.

VOINEA, A.; STROE, S. G.; CODINĂ, G. G. The effect of sea salt, dry sourdough and fermented sugar as sodium chloride replacers on rheological behavior of wheat flour dough. **Foods**, *[S. l.]*, v. 9, n. 10, p. 1465, 2020. DOI: 10.3390/foods9101465.

WANG, Q.; WANG, X.; CHEN, J. A new design of soft texture analyzer tribometer (STAT) for in vitro oral lubrication study. **Food Hydrocolloids**, *[S. l.]*, v. 110, p. 106146, 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106146.

WANG, X.; PEI, D.; TENG, Y.; LIANG, J. Effects of enzymes to improve sensory quality of frozen dough bread and analysis on its mechanism. **Journal of Food Science and Technology**, *[S. l.]*, v. 55, n. 1, p. 389–398, 2018. DOI: 10.1007/s13197-017-2950-8. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13197-017-2950-8. Acesso em: 1 abr. 2021.

WEE, M.; TAN, V.; FORDE, C. A Comparison of Psychophysical Dose-Response Behaviour across 16 Sweeteners. **Nutrients**, *[S. l.]*, v. 10, n. 11, p. 1632, 2018. DOI: 10.3390/nu10111632. Disponível em: http://www.mdpi.com/2072-6643/10/11/1632. Acesso em: 3 abr. 2021.

XU, Y.; ZHU, X.; MA, X.; XIONG, H.; ZENG, Z.; PENG, H.; HU, J. Enzymatic production of trans-free shortening from coix seed oil, fully hydrogenated palm oil and Cinnamomum camphora seed oil. **Food Bioscience**, *[S. l.]*, v. 22, p. 1–8, 2018. DOI: 10.1016/j.fbio.2017.12.010.

ZHAN, J.; MA, S.; WANG, X.; LI, L.; ZHENG, X. Effect of baked wheat germ on gluten protein network in steamed bread dough. **International Journal of Food Science & Technology**, *[S. l.]*, v. 54, n. 10, p. 2839–2846, 2019. DOI: 10.1111/ijfs.14200. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.14200. Acesso em: 11 mar. 2021.

ZHOU, Y.; DHITAL, S.; ZHAO, C.; YE, F.; CHEN, J.; ZHAO, G. **Dietary fiber-gluten protein interaction in wheat flour dough: Analysis, consequences and proposed mechanismsFood Hydrocolloids**Elsevier B.V., , 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106203.

ZHU, F.; LI, J. Physicochemical properties of steamed bread fortified with ground linseed (*Linum usitatissimum*). **International Journal of Food Science & Technology**, *[S. l.]*, v. 54, n. 5, p. 1670–1676, 2019. DOI: 10.1111/ijfs.14043.