

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
QUÍMICA LICENCIATURA
INSTITUTO DE QUÍMICA

JOÃO PAULO DE MENEZES PEREIRA

DO FORNO AO LABORATÓRIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICO SOBRE
FERMENTAÇÃO A PARTIR DA PIZZA

UBERLÂNDIA

2025

JOÃO PAULO DE MENEZES PEREIRA

DO FORNO AO LABORATÓRIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE
FERMENTAÇÃO A PARTIR DA PIZZA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Corpo Docente do Instituto de Química da
Universidade Federal de Uberlândia, como
parte dos requisitos necessários à obtenção do
título em Química Licenciatura.

Orientadora:

Profa. Dra. Elaine Kikuti

UBERLÂNDIA, MG

2025

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

P436 2025	Pereira, Joao Paulo de Menezes, 1998- Do forno ao laboratório [recurso eletrônico] : Uma proposta didática sobre fermentação a partir da pizza / Joao Paulo de Menezes Pereira. - 2025. Orientadora: Elaine Kikuti. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Química. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Química. I. Kikuti, Elaine, 1976-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Química. III. Título. CDU: 54
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

JOÃO PAULO DE MENEZES PEREIRA

DO FORNO AO LABORATÓRIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE
FERMENTAÇÃO A PARTIR DA PIZZA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Corpo Docente do Instituto de Química da
Universidade Federal de Uberlândia, como
parte dos requisitos necessários à obtenção do
título em Química Licenciatura.

Aprovado em 19 de Setembro de 2025, com nota 95,0 (noventa e cinco), pela banca
examinadora.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Elaine Kikuti – Orientadora
Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Prof(a). Dr(a). Tayana Mazin Tsubone – Membro Convidado
Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Prof. Dr. Deividi Marcio Marques – Membro Convidado
Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Uberlândia

2025

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Jeová Deus, fonte de força e saúde, que esteve ao meu lado desde o início. Sou profundamente grato aos meus pais, Vera Aparecida e Milton Vicente, e ao meu irmão, Manoel Victor, pelo apoio mútuo, incentivo constante e amor incondicional. Similarmente, registro minha gratidão aos meus amigos Lorena e Raphael, que tornaram o caminho mais leve e alegre, oferecendo sempre apoio e motivação para seguir em frente.

À minha orientadora, Professora Elaine Kikuti, e à equipe da Gastronomia Molecular, agradeço a dedicação, orientação e contribuição significativa ao meu desenvolvimento acadêmico, bem como pelas oportunidades de aprendizado e pelas experiências enriquecedoras que me proporcionaram.

Por fim, estendo minha gratidão a todos os professores que participaram da minha formação, demonstrando que ensinar vai muito além da transmissão de conhecimento, sendo uma construção e formação de um cidadão.

RESUMO

Este trabalho explora a potencialidade da gastronomia, tema central para o ensino interdisciplinar de ciências para professores do ensino básico. O conteúdo foi elaborado no intuito de oferecer uma base teórica para posterior adaptação a diferentes faixas etárias e diversos contextos educacionais. A abordagem interdisciplinar conecta aspectos históricos, geográficos e visibiliza as contribuições africanas, destacando as origens do pão fermentado no Egito Antigo até a pizza napolitana, com conceitos científicos fundamentais. Na dimensão biológica, analisa-se a morfologia do grão de trigo. Na química, abordam-se os processos de hidrólise e de formação da rede de glúten. Já na física, evidencia as transformações durante o assamento. O caráter bioquímico da fermentação serve como exemplo da necessidade de interconexão entre as ciências naturais. Alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a proposta valoriza a relação entre cultura, história e ciência, transformando a pizza em uma ferramenta pedagógica versátil. O material oferece uma base teórica para o desenvolvimento de oficinas teórico-práticas que podem ser realizadas com diferentes públicos (ensino médio, graduação e idosos), possibilitando o desenvolvimento de aprendizagem ativa e contextualizada. Além de possibilitar a investigação das contribuições multiculturais deste prato, proporciona uma nova perspectiva sobre a construção da história. A pizza, enquanto objeto de estudo, revelou-se particularmente eficaz para integrar saberes científicos, históricos e socioculturais, demonstrando que a gastronomia pode ser uma poderosa aliada na construção de aprendizagens significativas e interdisciplinares.

Palavras-Chave: *Fermentação; Massa de pizza; Transformações químicas; Interdisciplinaridade;*

ABSTRACT

This work explores the potential of gastronomy, a central theme for interdisciplinary science teaching for elementary school teachers. The content was developed with the aim of providing a theoretical foundation for later adaptation to different age groups and various educational contexts. The interdisciplinary approach connects historical and geographical aspects and highlights African contributions, emphasizing the origins of leavened bread in Ancient Egypt up to Neapolitan pizza, along with fundamental scientific concepts. In the biological dimension, the morphology of the wheat grain is analyzed. In chemistry, the processes of hydrolysis and gluten network formation are addressed. In physics, the transformations during baking are highlighted. The biochemical nature of fermentation serves as an example of the need for interconnection among the natural sciences. Aligned with the National Common Curricular Base (BNCC), the proposal values the relationship between culture, history, and science, transforming pizza into a versatile educational tool. The material provides a theoretical foundation for the development of theoretical-practical workshops that can be conducted with different audiences (high school, undergraduate students, and the elderly), enabling the development of active and contextualized learning. In addition to allowing the investigation of the multicultural contributions of this dish, it offers a new perspective on the construction of history. Pizza, as an object of study, has proven particularly effective for integrating scientific, historical, and sociocultural knowledge, demonstrating that gastronomy can be a powerful ally in the construction of meaningful and interdisciplinary learning.

Keywords: *Fermentation; Pizza dough; Chemical transformations; Interdisciplinarity;*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Morfologia do grão de trigo.....	15
Figura 2: Formação da rede de glúten	22
Figura 3: Hidrólise do amido	26
Figura 4: Conversão de piruvato em acetil-coenzima A.....	27
Figura 5: Produtos da reação com glicose	27
Figura 6: Reação de Maillard.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limite de tolerância para farinha de trigo*.....	17
Tabela 2: Taxa de reação e valores de neutralização de ácidos	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
W	Força da farinha ou Força do glúten
CoA.	Coenzima A
NAD ⁺	Nicotinamida adenina dinucleotídeo
NADH	Nicotinamida adenina dinucleotídeo reduzidoem

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	15
RESUMO	16
ABSTRACT	17
1 ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2 INTRODUÇÃO	4
3 OBJETIVOS	7
3.1 Objetivos específicos	7
4 HISTÓRIA DA PIZZA	9
5 TRIGO	11
5.1 A transformação do trigo em farinha	12
5.2 Composição do trigo	15
5.2.1 Amido	15
5.2.2 Lipídeos	15
5.2.3 Cinzas	16
5.2.4 Proteínas	16
6 DESENVOLVIMENTO DO GLÚTEN	17
7 FERMENTAÇÃO	19
7.1 Fermento químico	19
7.2 Fermento biológico	21
8 MATURAÇÃO DA MASSA	24
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado como uma fundamentação teórica, como material de suporte para professores de ensino básico ou ensino jovens e adultos, visando as diferentes faixas etárias que o material permite trabalhar. Sendo assim o trabalho é estruturado em capítulos: iniciando com o 1- Estrutura do trabalho, serve como uma guia para compreender a organização deste trabalho, no 2- Introdução, um vislumbre de problemas e alternativas referentes ao ensino básico, 3- Objetivo, é detalhado o objetivo geral (a meta do trabalho) e específico (as etapas para alcançar esse objetivo). Em sequência é apresentado um compilado de referências teóricas, a cerca do tema do capítulo que está percorrido do capítulo 5 ao 9, inicialmente no capítulo 5- História da pizza, detém uma breve contextualização das contribuições históricas de diferentes culturas para formulação da pizza dos dias atuais. Ao se debruçar sobre esses aspectos históricos torna-se evidente a importância do trigo na elaboração desse prato, assim no próximo tópico 6- Trigo vislumbrou em seus subtópicos as diversas espécies de trigo, sua morfologia e composição, que é a matéria prima na produção de diferentes tipos de farinha. Nesta etapa são introduzidos alguns termos químicos que são explicados nos capítulos posteriores como 7- Desenvolvimento do glúten, no qual é explicado o desenvolvimento da rede de glúten, por meio do processo de sova, destacando o papel fundamental da mesma durante a fermentação. O cerne do capítulo 8- Fermentação é destinada a explicação dos microrganismos responsáveis por uma das etapas cruciais quando falamos de assados, a fermentação ressaltando sua complexidade para o desenvolvimento do sabor, aroma e textura da pizza. Por fim finalizamos a fundamentação teórica, com 9- Maturação da massa uma contextualização de como os processos físicos, químicos e biológicos se correlacionam para resultar em aspectos tão apreciados da pizza. No tópico 10- Considerações finais são realizadas reflexões acerca dos resultados apresentados ao longo do trabalho finalizando com propostas de melhorias. Por fim no 14- Referenciais bibliográficos é catalogado todas as fontes utilizadas na pesquisa.

2 INTRODUÇÃO

Atualmente, ao observar o ensino básico em escolas públicas, nos deparamos com disciplinas fragmentadas em componentes curriculares, buscando simplificá-las em tópicos para facilitar o ensino e fornecer amparo na compreensão de situações mais complexas. De acordo com o estudo realizado por SOUZA (2022), um ensino fragmentado frequentemente direciona os educadores para um ensino mecânico, pouco atraente para os estudantes.

Essa fragmentação do ensino acaba gerando obstáculos para correlacionar os conteúdos aprendidos e visualizar seu uso em seus cotidianos, por sua vez, produzindo preconceitos a conteúdos que não tenham uma representação física para usarem de referência. Todavia, um ensino que correlacione as matérias, como química, física e biologia, tende a se tornar estimulante aos olhos dos alunos, como consta no documento norteador da educação básica a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que destaca a importância de um ensino interdisciplinar.

A interdisciplinaridade apesar de favorável para o ensino não é muito utilizada em decorrência da falta de conhecimento sobre como aplicá-la. Em vista disso, inicialmente torna-se necessário a compreensão da mesma, segundo Brisolla (2020) a interdisciplinariedade é compreendida como a correlação entre método e conteúdo das disciplinas envolvidas em um objeto de estudo. Entretanto para sucesso da atividade se ressalta a importância da comunicação entre as disciplinas para o fortalecimento da interdisciplinariedade.

Similarmente, utilizar o cotidiano dos alunos acaba por estimular suas imaginações, pois está contido em aspectos do dia a dia deles, capazes de vivenciá-las e transformá-las. Analogamente, conforme abordado por DE SOUZA; DE ESPIRITO SANTO (2008), a bagagem que acompanha o estudante deve ser aludida, não somente o cotidiano, mas todo o aspecto sociocultural e tecnológico envolvidos no objeto de estudo. Desta forma, torna-se evidente o potencial de uma abordagem interdisciplinar, onde o objeto de estudo esteja presente no cotidiano dos estudantes, podendo evidenciar os aspectos históricos culturais, a fim de validar as contribuições de diferentes culturas.

Contudo, devemos selecionar um objeto de estudo que se adequa aos aspectos citados anteriormente, levando em consideração um ensino que alude a experimentação e seja marcante para todos os envolvidos. O contexto de experimentação como ponto inicial para o

desenvolvimento do conhecimento, desempenha um papel crucial, pois permite que os discentes deixem a postura passiva para se debruçar sobre o objeto de estudo, buscando relações entre aquilo e seu cotidiano, como apresentado por DE OLIVEIRA LACERDA e ABÍLIO, 2017.

Em conformidade com os apontamentos a BNCC (BRASIL, Ministério da Educação, 2018), define a mobilização de conhecimentos (conceitos) e habilidades (socioemocionais, cognitivas e práticas), a fim de desenvolver demandas complexas que se alinhem a cotidiano da comunidade em que se está inserido. Ademais em suas competências é destacada a importância da valorização e aplicação dos conhecimentos históricos, culturais, sociais e digitais para compreender e transformar a realidade. Além de enfatizar a necessidade de cultivar a curiosidade intelectual, utilizando métodos como experimentação, a investigação, análise crítica, criatividade, reflexão e atividades que busquem instigar a curiosidade para resolver problemas e criar soluções inovadoras, especialmente nas áreas científica e tecnológica.

Em vista disso, o docente deve se indagar: quais temáticas abordariam a maior parte dos critérios mencionados? Assim podemos adentrar em diversas vertentes, porém o caminho selecionado está situado dentro da casa de todo mundo, desde sua infância até sua velhice, um conceito que vem se expandido e aprimorando ao passar dos tempos, por influências históricas, culturais e sociais. Mas, o que seria isso? Uma resposta possível é a culinária, mais especificamente a gastronomia, que marca o dia a dia de todo o mundo com suas diferentes iguarias.

Conforme evidenciado por SAVARIN (1995), a gastronomia é um conhecimento fundamental para o ser humano, obtida através de pesquisas objetivando converter ingredientes em alimentos seguros, preparada por diversas pessoas, sem distinção de títulos sociais. Por meio disso, se relacionando com diferentes ramos, como: a história natural, pensando na classificação e origem de cada ingrediente; à física, quando examinando seus componentes e qualidades; à química, observando as substâncias e o tempo necessário para decomposição de cada alimento; o âmbito da culinária quando buscamos o melhor aroma e sabor para o alimento; o meio comercial quando é realizado uma busca pelo menor preço ou estabelecem o valor do produto; por último, a política destacada nas taxas tributárias de troca entre as nações.

Dessa forma, a gastronomia é uma ferramenta importante de aprendizagem interdisciplinar de conteúdos físicos, químicos, biológicos, históricos, culturais, econômicos e

podendo até ser abordado questões ligadas a saúde e meio ambiente, ou seja, com transversalidade e aliado ao fato de o objeto de estudo estar presente no cotidiano do público-alvo.

Nesta perspectiva, o preparo de massas artesanais de pizza, foi o tema escolhido para trabalhar a ciência de forma interdisciplinar e transversal, similarmente por meio de suas competências, a BNCC reconhece que a educação deve estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade visando a tornar mais humana e socialmente justa. Conforme demonstrado no documento normativo (BRASIL, 2018, p. 9), “Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade”.

Dessa forma, uma vez, que a pizza é uma iguaria com mais de três mil anos de história, desde o Egito até a antiga Roma observamos a presença de pratos assados e fermentados, que se direcionam a atual pizza (DALLA BONA, 2010). No presente trabalho foi possível demonstrar a importância cultural originária dos povos africanos e como este prato está atrelado a diversas sociedades atualmente, assim o preparo de pizza tem grande potencial para o ensino, onde os estudantes participam do preparo dos alimentos, compartilhando suas experiências de vida, estabelecendo um significado mais pessoal, além de permitir abordar valores culturais que permeiam o prato demonstrando as diferentes contribuições para chegar ao produto final (DA SILVA BRAGA ET AL., 2021).

Assim, permite uma abordagem interdisciplinar conforme apontado na BNCC (BRASIL, Ministério da Educação, 2018), visando colaborar com a equipe escolar, a fim de construir uma organização interdisciplinar dos componentes curriculares, focando em estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas.

3 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo analisar os processos biológicos e químicos envolvidos na fermentação de massas de pizza, descrevendo suas etapas, os ingredientes empregados e as transformações que ocorrem ao longo do processo, visando ao fortalecimento do ensino interdisciplinar estimulando a democratização do acesso ao conhecimento científico em diferentes contextos educacionais.

3.1 Objetivos específicos

- Estimular a aprendizagem por meio do uso de objetos de estudo que esta presente no cotidiano dos estudantes, correlacionando teoria e prática.
- Favorecer o protagonismo discente, colocando o aluno como centro da aprendizagem e valorizando seus conhecimentos prévios.
- Desenvolver reflexões críticas, por meio de abordagens pautadas no dialogo.
- Implementar diferentes áreas do conhecimento (ciências, história, geografia, nutrição, entre outras), para assim, explorar o caráter interdisciplinar e transdisciplinar da gastronomia.
- Criar ambientes de aprendizagem colaborativos, onde os estudantes se citam a vontade de expor suas opiniões através de diálogo, cooperando na construção de conhecimento coletivo.
- Contextualizar conceitos científicos, históricos e culturais, utilizando a gastronomia como o ponto de partida, para estabelecer uma conexão entre conhecimentos acadêmicos e os saberes socioculturais dos participantes.

- Analisar a eficácia das metodologias ativas, através da observação da participação e entusiasmo dos participantes durante as oficinas.

4 HISTÓRIA DA PIZZA

A pizza é de fato um prato muito popular, devido sua crocância e diversidade de sabores, com mais de três mil anos de história, como demonstrado através de pesquisas arqueológicas. Um dos primeiros indícios surgem no Vale Crescente Fértil que compreendia a localização do Iraque e partes de países adjacentes (Afeganistão, Turquia, Kuwait, Síria, Israel e Palestina), como apontado por RUBEL (2011), escavações arqueológicas, descobriram a presença de grãos de amido pertencentes a cevada possivelmente de trigo, encontrados incrustados a uma pedra de amolar próximo ao Mar da Galileia, situado no sítio arqueológico de Ohalo, a descoberta refere ao período Paleolítico Superior, entre 22.500 e 23.500 anos atrás. Esses grãos compreendiam as formas selvagens da cevada (*Hordeum vulgare* L.) e duas formas de trigo, o einkorn (*Triticum monococcum* L.) e o trigo-verde (*Triticum dicoccoides*) tornando-se o cerne dos pães que consumimos hoje.

Essas descobertas, condizem com o apontado por DE SOUSA SANTOS (2011), que não devemos analisar somente o ponto de vista eurocêntrico, devemos investigar as contribuições de diferentes culturas que propiciam no produto. Dessa forma, é importante contemplar uma linha de tempo significativa, ou seja, a necessidade de obter uma visão geral das contribuições culturais de diferentes civilizações nesse processo.

Entre essas civilizações temos Uruk (4000 a.C), que organizava sua irrigação e a agricultura, desempenhando a coleta dos grãos cultivados, principalmente cevada, que eram distribuídos às populações que controlavam, ao vislumbrar as culturas mesopotâmicas, ocorre um grande avanço, pois nos palácios continham salas especializadas na moagem do trigo e produção de pão. Similarmente, temos menções ao Antigo Egito, onde costumavam celebrar o genetliaco do faraó que detinham como iguaria o consumo de um pão achatado e temperado com ervas aromáticas, que recordava os métodos da pizza atual (RUBEL, 2011; DALLA BONA, 2010).

Todavia, a origem da palavra pizza também denota a influência cultural, onde pesquisadores discutem a principal origem da palavra.

a origem da palavra pizza, que alguns acreditam derivar da palavra *praxicare* — beliscar. Em outras palavras, era preciso beliscar a massa para que ela tivesse o formato, o tamanho e a consistência certos para conter os ingredientes, e, portanto, era preciso dedicar um pouco mais de tempo para fazer essas pizzas antigas. É claro que alguns acreditam que a palavra pizza deriva dos termos grego, árabe ou hebraico

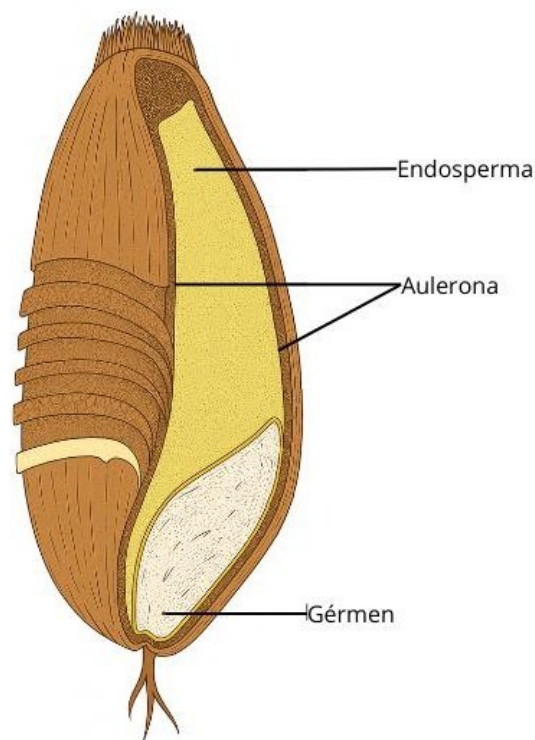
para pão achatado, enquanto outros sustentam que ela vem do latim *picea*, que significa "de piche", um termo que pode ter se referido à textura ou cor do pão assado ou à base da pizza antiga (HELSTOSKY, 2008, p.18).

Essa descrição de pães achatados também é descrita na Itália no período de 1835 na obra literária *Pizza: A Global History* da autora HELSTOSKY (2008, p.) “os pobres e as classes trabalhadoras comiam pão achatado com vários recheios no café da manhã, almoço ou jantar. Pizza era um tipo de pão, mas não era comprada inteira”, apesar da pizza ser um alimento comum naquela época para as populações menos afortunadas de Nápoles, conquistou o gosto da população mundial através de imigrantes italianos. Essa comida étnica, passou a sofrer diversas alterações dos recheios utilizados, em função dos gostos e economia dos habitantes locais, demonstrando que a pizza não é apenas um prato, pois informa quais ingredientes estão a custos acessíveis no mercado, uma temática explorada em “termômetro gastronômico do mercado” dado por HELSTOSKY (2008).

5 TRIGO

Diversas variedades de trigo são cultivadas para diferentes aplicabilidades, em consequência de suas morfologias distintas, como representado na Figura 1, o grão de trigo é composto pela casca ou pericarpo, endosperma e pelo gérmen. Por outro lado, a auleronas presente no grão como uma fina camada que encobre completamente o endosperma e o gérmen, corresponde a 7% da massa seca do grão (GANDOLFI, 2021).

Figura 1: Morfologia do grão de trigo



Fonte: Adaptado de FIRMO, 2023.

A composição química de um grão de trigo maduro, conforme estudado por WIESER, KOEHLER e SCHERF (2020), apresenta pequenas variações dos valores apresentados:

- O teor de água $\approx 13\%$, cuja variação depende de influências como espécies, variedade e condição de cultivo.
- Os carboidratos, por sua vez, são representados majoritariamente como amido ($\approx 58\%$) presente principalmente no endosperma, onde está presente como grandes grânulos lenticulares (amido A) e pequenos grânulos esféricos (amido B), onde são encontrados os polissacarídeos amilose e amilopectina em uma proporção de massa de cerca de 25%/75%;
- Polissacarídeos não amiláceos ($\approx 13\%$): detêm os polissacarídeos da parede celular arabinosilanos (AX, 5,5-7,4%), celulose (1,7-3,0%) e β -glucanos (0,5-

1,0%), apresentando também em menor quantidade de glucomanano, calose, xiloglucano e pectinas;

- Proteínas ($\approx 11\%$): encontradas em sua maioria no gérmen (34%), seguido pela aleurona (23%) e 5–6% nas camadas externas. Nessa perspectiva, a proteína da farinha integral é geralmente cerca de 2% maior do que a encontrada em farinha branca;
- Lipídios ($\approx 2\%$ – $2,5\%$): são encontrados principalmente contidos no germe, por ser mais rico em gorduras e nutrientes, que podem ser classificados em lipídios apolares (acilgliceróis e ácidos graxos livres) e lipídios polares (fosfolipídios e glicolipídios).
- Minerais ($\approx 2\%$) juntamente com as vitaminas (inferior a 0,1%): são encontrados predominantemente no farelo e no gérmen, que são essenciais visando sua contribuição para a saúde humana. Os principais minerais são potássio, fósforo, magnésio e cálcio, seguidos por zinco, manganês e ferro em quantidades menores. Enquanto as vitaminas, contem a vitamina E (principalmente α -tocoferol) e vitaminas do complexo B, especialmente tiamina (B_1), riboflavina (B_2), niacina (B_3), ácido pantotênico (B_5), piridoxina (B_6) e folatos (B_9).

Todavia, os trigos não são classificados somente por sua porcentagem proteica, no caso dos trigos norte-americanos, são catalogados em função dos seus hábitos de crescimento e pela cor de seus grãos. Tendo isso em vista, temos: os trigos de primavera, semeados na primavera e colhidos no outono. Similarmente, os de inverno são semeados ao final do outono, sobrevivendo como brotos cuja colheita é realizada no verão. Quanto à cor, as variedades de trigo mais comuns são: do trigo vermelho, de tegumento vermelho-amarronzado em razão da presença de compostos fenólicos (DYKES; ROONEY, 2007). Os trigos brancos, com conteúdo fenólico muito menor e tegumento castanho-claro, populares em razão da coloração clara e sabor doce e menos adstringente que sua farinha confere (MORRIS; ROSE, 2009).

5.1 A transformação do trigo em farinha

As qualidades de uma farinha de trigo, como já observado são provenientes do trigo do qual são produzidas. Entretanto, o processo de produção da farinha é resultado de diversos processos, o mais comum é a moagem convencional e moagem em moinho de pedra, processo no qual o grão de trigo é rompido em partículas pequenas, que são peneiradas, obtendo um

aspecto mais fino. Contudo, em sua maioria, as farinhas disponíveis nos mercados passam por processo de refino, ou seja, separa-se as partículas de germe e farelo, do endosperma, rico em proteínas e amido. O germe e o farelo são ricos em nutrientes e sabor, porém se degradam em curto prazo, quimicamente também apresentam a presença de antioxidantes, porém ocorre perda de parte deles durante o processo de moagem, pois proporciona a separação do germe e a quebra do invólucro, assim liberando o amido, presente no endosperma, o triturando juntamente produzindo um pó fino (RODRIGUES, 2012).

A farinha recém moída tende a gerar um glúten fraco que resulta em uma massa mole e pães densos, em contrapartida, quando passa pelo tempo de cura, algumas semanas, o contato com o ar atmosférico mais especificamente com o oxigênio, é responsável pela oxidação das gluteninas, liberando os grupos sulforosos das extremidades da cadeia, assim permitido que ocorra uma reação polimérica entre as cadeias de gluteninas que são estabilizadas pela ligação de hidrogênio, formando cadeias de glúten maiores que resultam em massas mais elásticas, além de farinhas mais claras (KOPFLER, 2012; WIESER, 2007). Em consequência, tornou-se comum a presença de farinhas melhoradas, desde o início do século XX, quando os moleiros começaram a economizar tempo, espaço e dinheiro suplementando a farinha recém-moída com agentes oxidantes, tais como o gás cloro e bromato de potássio. No final da década de 1980, tomaram precauções em vista da possível toxicidade dos resíduos de bromato, o substituindo pelo ácido ascórbico (vitamina C) ou pela azodicarbonamida, apesar do ácido ascórbico ser um antioxidante, acaba por se oxidar e gerar o ácido deidroascórbico, que por sua vez, oxida as proteínas do glúten (TOZATTI, 2020).

A farinha é classificada também pelo seu propósito definido pelo tipo de trigo que a compõe, como o trigo duro composto, que apresenta uma quantidade de proteína superior ao trigo comum geralmente chamado de trigo mole, que influencia na produção de glúten. Em suma as farinhas são uma mistura de ambos os tipos, levando a considerar a especificidade de seu uso (SANZOGO e OLIVEIRA, 2021). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005), o principal parâmetro para distinção dos tipos de farinha é o teor percentual de cinzas presentes na farinha (expresso em base seca), em associação com aspectos de granulometria, com base nisso, são classificados em três tipos conforme limite de tolerância representado na Tabela 1.

Tabela 1: Limite de tolerância para farinha de trigo*.

Tipos	Teor de Cinzas (Máximo)	Granulometria
1	0,8%	95% do produto deve passar
2	1,4%	pela peneira de malha de 250 µm
Integral	2,5%	-

* Os teores de cinzas e de proteína deverão ser expressos em base seca.

Fonte: BRASIL, 2005.

De maneira semelhante em outros países como na Itália e Estados Unidos a classificação da farinha é estabelecida pela finura da farinha, conferida pelo grau de moagem, isso é o número de vezes que passou pelos rolos do moinho, com finalidade de conferir as propriedades desejadas para absorção de água, formação de massa, fermentação, elasticidade e as qualidades de panificação atendendo a necessidades para massas de pizzas. Nos mercados norte-americanos é comum as farinhas 00 estarem contidas em saco azul que apresentam cerca de 12,5% de proteína, enquanto as disponíveis em embalagens vermelhas contêm cerca de 13,5% de proteína, dando mais elasticidade à massa. Assim sendo, essa farinha é destinada para longos tempos de fermentação, como em uma biga ou em um fermento biológico noturno que é misturado à massa final após 10 ou 12 horas, porém as massas de pizza de 48 ou 72 horas requerem refrigeração, caso contrário, a massa simplesmente se desfaz (FORKISH, 2016).

O mercado brasileiro, como décimo sexto produtor, sétimo importador e décimo primeiro consumidor mundial de trigo, apresenta uma variedade de farinhas de trigo que são definidas em tipo 1, 2 e integral como apresentado na Tabela 1, mas se atentando a sua composição ou parte do grão utilizada na moagem, definimos a aplicação de cada farinha, como a farinha Tipo 1 é produzida a partir da moagem da parte interna do grão, que contém o endosperma, rico em amido e glúten, podendo ser empregada em pães, bolos (confeitaria) e massas. Já a farinha Tipo 2 é obtida da mescla da parte externa do grão incluído a casca e parte do miolo, em consequência apresenta uma coloração amarela escura, amplamente utilizada na fabricação de biscoitos. Já a farinha integral é produzida da moagem do grão completo, apresentando um alto teor de fibras, tornando necessário uma maior hidratação (30% a mais de água) em receitas, sendo indicada para preparo de massas mais pesadas, como pão integral, bolos de frutas e cereais (COELHO, 2021).

5.2 Composição do trigo

A composição do grão de trigo, influencia diretamente na sua aplicabilidade, assim como a qualidade dos seus produtos. Em suma, a farinha de trigo é composta majoritariamente de amido (70 a 75%), água (12 a 14%), proteínas (8 a 16%) e outros constituintes, os quais são polissacarídeos não amiláceos (2 a 3%), lipídeos (2%) e cinzas (1%). No entanto, diferentes espécies podem conter quantidades diferentes em sua composição química, influenciando diretamente em suas farinhas (SCHEUER, 2011).

5.2.1 Amido

O amido representa a maior porção da farinha. Na farinha de trigo dura, até 15% dos grânulos de amido (10% do peso da farinha) estão “danificados”, ou seja, sofreram deformação durante a moagem em consequência apresentam fendas e fissuras. Os grânulos danificados, por sua vez, tendem a absorver quatro vezes mais água do que os grânulos intactos, influenciado na absorção de água pela massa. O amido embora seja relativamente inerte durante o processo de mistura da massa, desempenha em papel essencial na viscoelasticidade da massa (MARTINBIANCO, 2013). Por conseguinte, o amido que retem a água em sua superfície é responsável por interpenetrar a rede de glúten a interrompendo, resultando em uma massa mais macia, além disso, os grânulos hidratados incham e se enrijecem, aprisionando bolhas de dióxido de carbono em sua estrutura, formando uma rede contínua e esponjosa de “buracos interligados” (MCGEE, 2011).

5.2.2 Lipídeos

No caso dos 2,5% de lipídeos presentes na farinha de trigo, são fundamentais sobre o desempenho durante o processo de assamento, principalmente com relação ao salto de forno (volume do produto) e à manutenção da qualidade do produto acabado (MARTINBIANCO, 2013). Isto é, pode diminuir o desenvolvimento do glúten, todavia, os lipídios também contribuem na estabilização das bolhas de ar incorporadas durante a fermentação, por apresentarem pontos de fusão mais elevados, seus cristais não adsorvem na interface líquido-gás (SILVA, 2020).

5.2.3 Cinzas

Os 0,5% de cinza contidos na farinha de trigo, que pode aumentar dependendo do processo de extração empregado. Esse material inorgânico possui pouca influência sobre a formação da massa (MARTINBIANCO, 2013.).

5.2.4 Proteínas

Nos 8% a 15% de proteína presentes na farinha de trigo, nos quais 10% a 15% são as proteínas solúveis em água, as albuminas e globulinas (prolaminas) e 85% a 90% são proteínas pouco solúveis em água, as gliadinas e gluteninas, principais componentes do glúten. As proteínas individuais de glúten são ligadas por forças covalentes e não covalentes fortes, as quais, juntamente com a estrutura e interação dessas proteínas, contribuem para as propriedades únicas do glúten (BIESIEKIERSKI, 2017).

6 DESENVOLVIMENTO DO GLÚTEN

O glúten pode ser definido como um complexo proteico constituído de proteínas do trigo, principalmente de gliadina e glutenina, conferindo a plasticidade e estabilidade da massa (SILVA, 2018). Isto se dá em função de 30% dos resíduos de aminoácidos do glúten apresentarem caráter hidrofóbicos, contribuindo para formação de agregados proteicos, em decorrência das interações hidrofóbicas, assim como de se ligar a lipídeos e outras substâncias apolares. Os teores elevados de glutamina e aminoácidos hidroxilados do glúten são responsáveis por suas propriedades de ligação à água. Além disso, as ligações de hidrogênio entre a glutamina e os resíduos hidroxilados dos polipeptídeos do glúten contribuem para suas propriedades de coesão-adesão (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Em contrapartida, para a formação do glúten, a água se torna indispensável, pois além de promover a hidratação, proporciona um meio para a mobilidade das moléculas, desencadeando a agregação destas por pontes de hidrogênio (SILVA, 2018). A quantidade de água impacta diretamente na força da farinha, ou seja, quanto maior quantidade de água que a massa suporta maior será a força da farinha (Força do glúten-W), correspondendo ao trabalho mecânico necessário para expandir uma bolha até a ruptura da massa. Entretanto, a maioria das farinhas comercializadas no Brasil, não fornecem o seu W, porém o método comumente empregado em meio comercial consiste em ir misturando água a farinha, caso ela absorva um percentual superior a 60% de água é considerada uma farinha forte (CHAPIESKI, 2021).

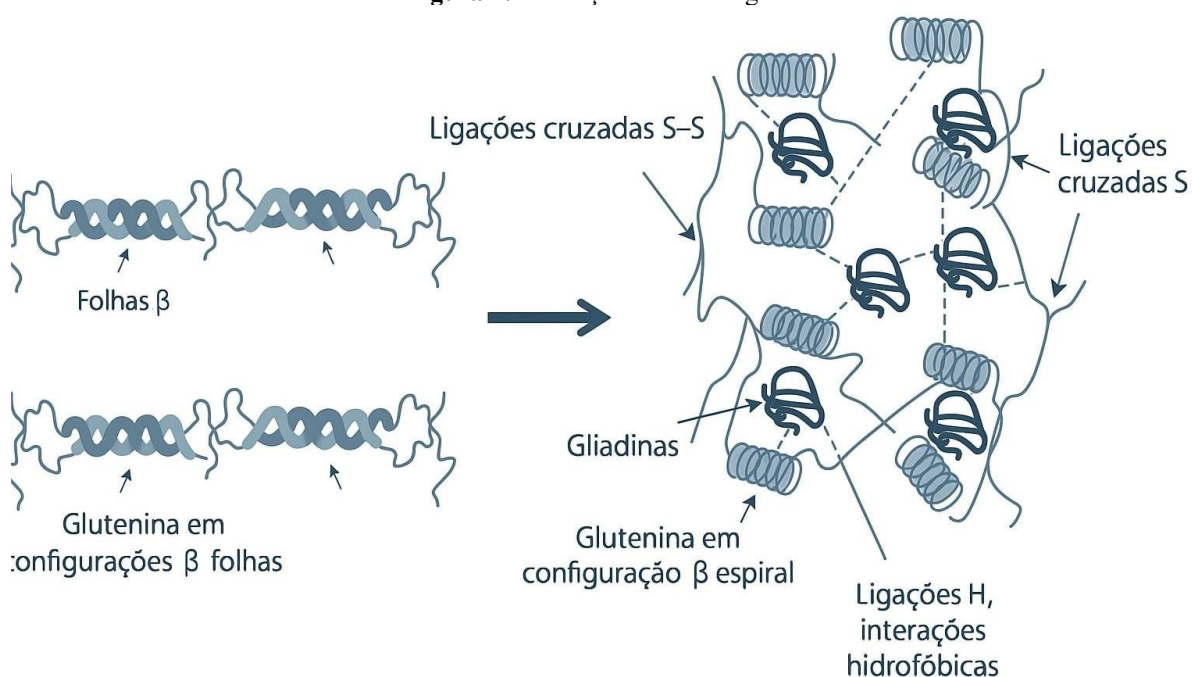
Sendo assim, ao entrar em contato com a água, os grânulos de amido absorvem água e as enzimas digerem o amido transformando-o em açúcares. As gluteninas absorvem um pouco de água, se estendendo em longos filamentos espiralados que formam fracas ligações com os filamentos das moléculas vizinhas, constituindo os primeiros fios de glúten (MCGEE, 2011).

Nesse ínterim, substâncias da farinha interrompem e bloqueiam as ligações entre as extremidades sulfurosas das moléculas de glúten, começando a encurtar suas cadeias. À medida que o oxigênio do ar e os compostos oxidantes formados pelas leveduras entram na massa, essas interrupções cessam e as moléculas de glúten passam a se ligar por suas extremidades, constituindo cadeias longas (MCGEE, 2011).

O processo de sova desempenha um papel vital no desenvolvimento da rede de glúten, pois através dela há uma sequência de extensão, dobra e compreensão da massa

replicada inúmeras vezes, de modo a fortalecer a rede de glúten. Esse processo permite o desdobramento das proteínas e a organização de sua estrutura, dispondo-as uma ao lado da outra, desse modo, estimula diversas ligações ao longo da cadeia polipeptídica do glúten, as ligações de hidrogênio, ocorrem entre o oxigênio da carbonila e o hidrogênio da hidroxila. Já as ligações iônicas também conhecida como ponte salina, provenientes de interações iônicas entre grupos aminos carregados positivamente (NH_3^+) originários das cadeias laterais dos aminoácidos interagem com os grupos carboxílicos (COO^-) que estão carregados negativamente. Nas extremidades das moléculas de glutenina observamos a presença de enxofre, responsável pelas ligações de dissulfeto (S-S) entre as extremidades das moléculas de glutenina (SILVA e FRÍSCIO, 2021), conforme representado na Figura 2.

Figura 2: Formação da rede de glúten



Fonte: Adaptado de DAMODARAN, 2019.

Simultaneamente, o ar é introduzido na massa, forma bolsões que se desfazem em bolsas menores e mais numerosas sob pressão das compressões da sova. A massa com o passar do tempo acaba adquirindo um aspecto mais pegajoso que gradualmente se enrijece, tornando difícil sua manipulação, evidenciado por uma aparência acetinada (MCGEE, 2011).

7 FERMENTAÇÃO

Como observado o glúten é vital na constituição e estrutura das massas, proporcionando elasticidade e coesão, assim como a capacidade de reter os gases liberados durante a fermentação, por sua vez, aumentando o volume da massa. Contudo, devemos compreender como ocorre a fermentação, para isso, devemos desvendar os tipos de fermentação e seus mecanismos de funcionamento. Nesta perspectiva, as pesquisas realizadas por Louis Pasteur, servem de alicerce para as concepções atuais de fermentação natural, que circundam o metabolismo de uma classe de fungos (leveduras), principais produtores de espécies gasosas. No entanto, grande parte dos fungos desencadeiam infecções em seres humanos e ocasionam a degradação de alimentos, porém a espécie *Saccharomyces cerevisiae*, é amplamente empregada na produção de massas e cervejas, por não apresentar os maléficos inerentes de outras espécies (SILVA e FRÍSCIO, 2021).

Os fermentos são peças fundamentais na produção de assados, pois são responsáveis pelo crescimento das massas, por meio de incorporação de compostos gasosos. Ademais, os fermentos disponíveis em mercados são divididos em duas classes que atuam em fins distintos: os fermentos químicos e biológicos.

7.1 Fermento químico

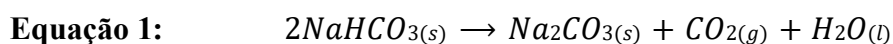
O fermento químico é geralmente composto por bicarbonato de sódio com alguns agentes ácidos (sendo os mais comuns, o ácido tartárico ou cremor de tártaro, sendo selecionado aquele com uma taxa de reação muito rápida), ou a quantidade necessária para reação completa entre o bicarbonato e o ácido, nomeado como valor de neutralização (VN), ou seja, é o peso em gramas de bicarbonato de sódio necessário para neutralizar completamente 100 gramas de ácido utilizado (RESENDE, 2007), como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Taxa de reação e valores de neutralização de ácidos.

Taxa de Reação		
Taxa de Crescimento	VN	Taxa de reação
Ácido tartárico	116	Muito rápido
Cremor de tártaro	45	Rápido
Fosfato monocálcio monoidratado	80	Intermediário
Fosfato monocálcio anidro	83	Lenta
Pirofosfato ácido de sódio	72	Lenta

Fonte: RESENDE, 2007.

Na fermentação química ocorre uma reação química cujo produto são os compostos gasosos. Portanto, durante o processo em que a massa contendo o fermento químico é levada ao forno, há influência do calor e de umidade, produzindo desprendimento de dióxido de carbono, assim expandindo a massas desenvolvida com farinha, amidos ou féculas. Entretanto, o bicarbonato de sódio sólido, sofre um processo de decomposição em função da temperatura, a partir de 100 ° C (MAIA, 2003), conforme a equação 1.



A mistura contida nos fermentos prove a capacidade de liberação fragmentada do gás quando é misturado à massa úmida, e o restante quando exposto a uma determinada temperatura. Dessa forma, o tornando indicado para preparações de longo tempo de forno, como bolos, pois apresentam uma massa mais leve e moldável, as quais devem ser contidas por uma forma a fim de que mantenham a apresentação geométrica determinada, necessitando assar no forno para que ganhem a liga mecânica necessária para conter os gases (CASTRO; MARCELINO, 2012).

No entanto, o fermento químico conta com a presença de outros componentes, os diluentes, cuja atribuições são indispensáveis para o pleno funcionamento dos componentes (RESENDE, 2007), pois sua função é separar e revestir o bicarbonato e ácido, evitando a reação entre si, além de conservar a mistura. O diluente, na maior parte dos fermentos em pó, é amido de milho, entretanto, alguns contêm carbonato de cálcio precipitado (CaCO₃).

7.2 Fermento biológico

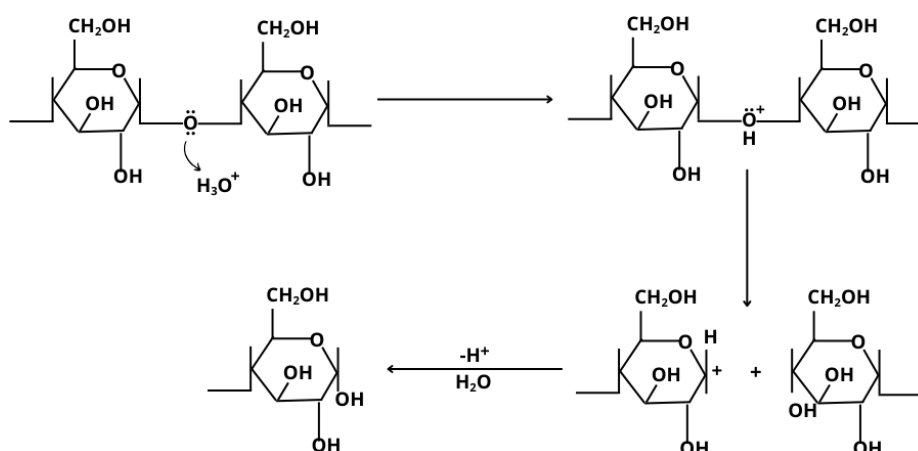
Conforme apontado por APLEVICZ (2013), o fermento natural pode ser identificado como uma mistura de farinha de cereais contendo uma quantidade ímpar de bactérias lácticas e leveduras, provenientes de fermentação espontânea, produzidas de maneira natural, ou seja, produzidas pelas leveduras presentes nas cascas das frutas ou grãos sem nenhuma influência externa. Embora apresente um gama e singularidade de produtos decorrente da origem, o fermento natural gera um valor agregado devido a necessidade de manutenção, pois os seus insumos precisam de conservação.

A principal fonte da fermentação biológica são as leveduras, comumente utilizadas as cepas de *Sacharomyces cerevisiae*, obtida através da produção de grande quantidade do produto, que passa por centrifugação, assim segmentando o meio em fases, isolando a levedura, possibilitando a produção de três tipos de fermentos biológicos disponíveis no mercado: fermento biológico fresco, fermento biológico seco e fermento biológico seco instantâneo. Segundo CHAPIESKI (2021), a principal diferença se encontra no teor de água, onde, o fermento biológico fresco passa por extrusão que o confere uma massa com um percentual de 70% de umidade, atribuindo um alto teor fermentativo, no entanto, deve ser armazenado em refrigeração por até 5 dias. Já o fermento seco, representado como pequenos grãos, apresenta uma taxa de umidade de 9%, devido processo de secagem, possui uma capacidade fermentativa média. No caso do fermento seco instantâneo a taxa de umidade é 5%, em consequência detém um período de armazenamento 4 vezes menor que o seco, mas dispõem de uma baixa capacidade fermentativa.

Essa levedura é um organismo anaeróbio facultativo (FONSECA, 2020), implicando em dois metabolismos distintos, influenciados pelo meio em que estão inseridos, quando se encontram em um ambiente com baixa oferta de oxigênio, resultará na respiração anaeróbia, frequentemente conhecida como fermentação alcoólica.

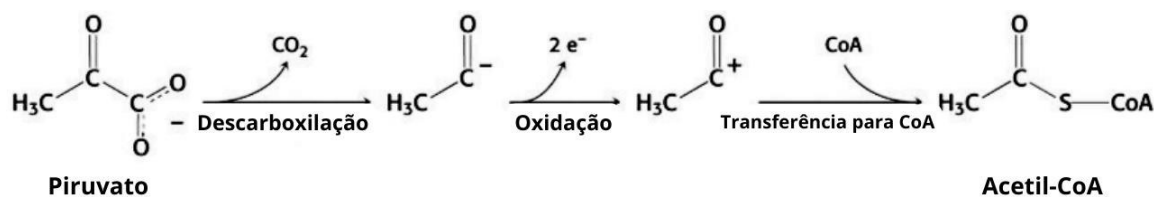
No entanto em ambos os processos, o amido presente na farinha acaba por ser hidrolisado em açúcares simples, sendo as moléculas de água responsáveis pelo rompimento da ligação entre um dos carbonos e o oxigênio, resultando em uma estrutura menor, a maltose, ao repetir o mecanismo de ataque, gera um açúcar mais simples a glicose, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3: Hidrólise do amido.



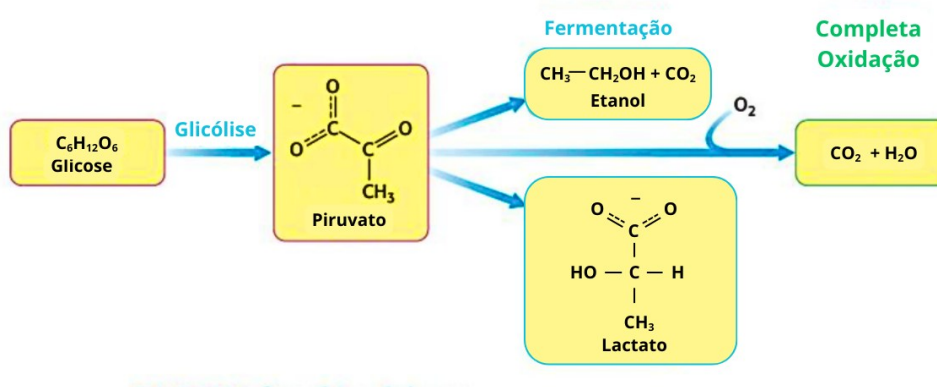
Fonte: Adaptado DE BORBA, 2021.

Em sequência por processo enzimático da levedura descrito anteriormente, esses açúcares são consumidos como reagentes para produção do dióxido de carbono (CO_2). Por sua vez, as enzimas atuam como catalizadores no processo de hidrólise (DE BORBA, 2021) pode variar por fatores inerentes ao processo, como a quantidade de hidratação, o tempo de reação e a composição do amido utilizado. Além disso, as enzimas dos microrganismos presentes no fermento biológico são responsáveis por hidrolisar as ligações glicosídicas da molécula, reagindo em presença de água, resultando em uma nova extremidade não redutora, produzido açúcares mais simples como a maltose, repetindo o processo até obter glicose livre (PAVEZZI, 2011). Durante esse processo, além da produção de dióxido, também produzem produtos que conferem o sabor e a textura do pão, como: álcoois, cetonaesse processo, além da produção de dióxido, também produzvertida a duas moléculas de piruvato (um cetoácido). O piruvato sofre posteriormente uma descarboxilação produzindo CO_2 e acetaldeído, o qual é reduzido a etanol, regenerando a coenzima NAD^+ , produzindo etanol e dióxido de carbono (CO_2). Em contrapartida, em um ambiente com falta de oferta de oxigênio, efetuará a respiração aeróbica (MOREIRA, 2013), onde o piruvato entra na mitocôndria, é oxidado formando um composto de dois carbonos, o acetato, com libertação de energia e CO_2 . Durante este processo o acetato liga-se a uma coenzima – **coenzima A (CoA)** – formando o acetil- coenzima A. Nessa etapa o piruvato é oxidado resultando na redução do NAD^+ a NADH com adição do H^+ , a molécula de acetato combina-se com a coenzima A, formando o acetil- coenzima A, podemos demonstrar a conversão de piruvato em acetil-CoA em três etapas: descarboxilação, oxidação e transferência da CoA para o grupo acetil, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Conversão de piruvato em acetil-coenzima A.

Fonte: Adaptado BERG, 2015.

O acetil-CoA percorrerá o ciclo de Krebs, mais especificamente o ciclo do ácido cítrico ou dos ácidos tricarboxílicos, que representa uma rota anfibólica, ou seja, possui reações catabólicas e anabólicas, oxidando a acetil-CoA (acetil coenzima A), que se obtém da degradação de hidratos de carbono, considerados ácidos gordos e aminoácidos, gerando a fosforilação oxidativa. Em suma, a glicólise é a via metabólica inicial, como apresentado ela passa por diversas reações metabolizando uma molécula de glicose, gerando duas moléculas de piruvato e duas moléculas de ATP. Ademais, o processo é anaeróbico, ou seja, não requer O_2 , pois a reação progride rapidamente antecedendo o acúmulo de oxigênio na atmosfera. Posteriormente, anaerobicamente o piruvato será metabolizado em lactato, por intermédio de uma fermentação de ácido láctico ou em etanol por uma fermentação alcoólica. Entretanto em condições aeróbicas, o piruvato é completamente oxidado a CO_2 e H_2O , produzido alta concentração de ATP (DEWICK, 2001; BERG, 2015), conforme ilustrado na Figura 5.

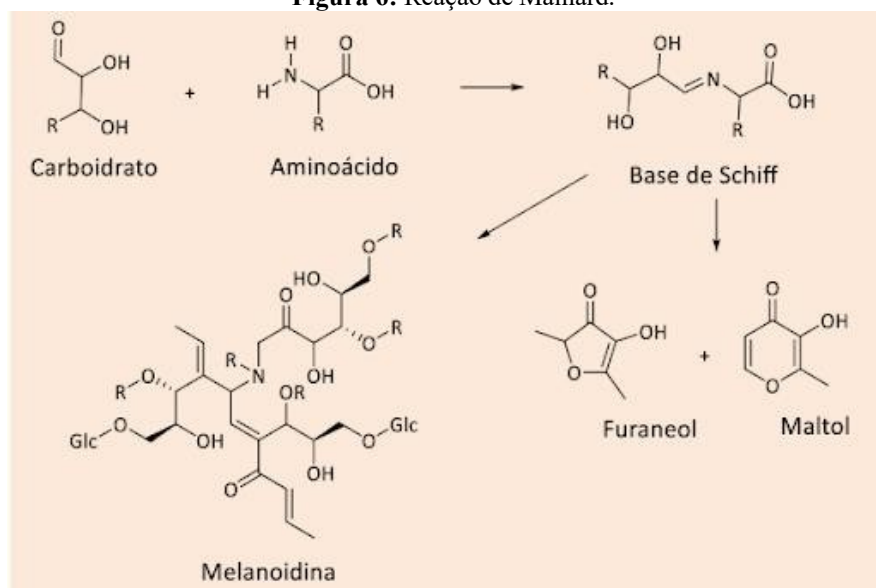
Figura 5: Produtos da reação com glicose.

Fonte: Adaptado BERG, 2015.

8 MATURAÇÃO DA MASSA

Além da fermentação é comum dedicar um tempo para a maturação da massa, em outras palavras, a etapa destinada ao descanso da massa, podendo implicar em fermentações de longa duração para que a massa possa se desenvolver, podendo variar a duração dependendo da receita com tempos de 3 até 24 horas (podendo exceder a duração de 24 horas dependendo da hidratação). A fermentação pode ser realizada a frio (3 a 6 °C), reduzindo o metabolismo das leveduras, a longa fermentação permite que os sabores e acidez se acumulem, assim permitindo que as proteínas se decomponham, além de resultar em uma liberação mais lenta de dióxido de carbono durante a fermentação. Por sua vez, proporcionando uma duração maior para o desenvolvimento de sabores complexos na massa, resultando em uma base de pizza mais rica e saborosa (WHITE; ZAINASHEFF, 2010. FORKISH, 2016).

A fermentação longa permite que as proteínas da massa, especialmente o glúten, se desenvolvam mais, conferindo à massa, uma estrutura mais elástica, contribuindo para a textura final. Além de permitir uma hidratação mais completa da farinha, melhorando a textura da massa, aumentando sua maciez interior. A redução na produção gás carbônico pelas leveduras contribui para uma estrutura de bolhas mais uniforme na massa, que quando assada produz uma crocância mais uniforme. No entanto, a fermentação longa também permite a quebra mais completa dos amidos, resultando na formação de açúcares simples, não contribuindo apenas para o sabor, mas também pode ajudar na obtenção de uma crosta mais dourada e crocante em decorrência da reação de Maillard, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6: Reação de Maillard.

Fonte: COELHO NETO, 2020.

Esse processo ocorre a uma temperatura superior a 120 °C, por meio da condensação do grupo carbonila e do açúcar redutor, com o grupamento amino livre de aminoácidos, peptídeos ou proteínas, o que ocorre através do ataque nucleofílico do par de elétrons do nitrogênio do grupo amino, levando ao início da reação, ilustrado na primeira reação da Figura 6. O grupo carbonila de um açúcar reage com um grupo amino de uma proteína, produzindo a glicosilamina, que sofre rearranjo originando uma cetosamina, resultando na formação final de substâncias marrons chamadas de melanoidinas, mas também vale ressaltar que a presença de açúcares é propícia para reações de caramelização onde esses açúcares são reduzidos contribuindo para coloração marrom (COELHO NETO, 2020). Em suma essa reação se desencadeia por meio da presença de alta temperatura, presença de açúcares redutores e grupos aminos, resultando em cor, aroma e sabor característicos das crostas da pizzas.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da fermentação de massas de pizza evidencia a complexa interação entre processos biológicos e químicos, destacando a atuação de microrganismos, como leveduras e bactérias, bem como a ocorrência de reações químicas envolvendo açúcares, proteínas e a liberação de gases. Essa análise demonstra que o preparo de massas artesanais vai além de uma prática culinária, possibilitando uma oportunidade para o aprofundamento de conceitos científicos, como metabolismo, fermentação, estrutura e função de proteínas e transformações químicas. Ao descrever as etapas do processo fermentativo e os ingredientes empregados, enfatizando o trigo e seus constituintes, ressaltando a importância da biologia e da química para compreensão de fenômenos presentes no cotidiano. Essa perspectiva favorece o ensino interdisciplinar, ao possibilitar a articulação entre conhecimentos científicos e experiências práticas, contribuindo para a democratização do acesso ao conhecimento científico para diferentes contextos e níveis de escolaridade. Por fim, a utilização do preparo de massas de pizza como contexto de ensino em espaços não formais permitindo ampliar o engajamento dos estudantes, tornando o processo de aprendizagem mais significativo e acessível. Tal perspectiva reforça a relevância da integração entre ciência e cultura, promovendo uma educação que valoriza tanto o conhecimento teórico quanto as práticas sociais.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APLEVICZ, Krischina Singer et al. Identificação de bactérias lácticas e leveduras em fermento natural obtido a partir de uva e sua aplicação em pães. 2013. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

BERG, Jeremy M.; TYMOCZKO, John L.; GATTO JR., Gregory J.; STRYER, Lubert. *Biochemistry*. 8. ed. New York: Freeman Macmillan, 2015. p. 1-1053.

BIESIEKIERSKI, Jessica R. What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, v. 32, p. 78-81, 2017. <https://doi.org/10.1111/jgh.13703>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 8, de 3 jun. 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 jun. 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2018.

BRISOLLA, Lívia. A prática pedagógica no ensino superior: planejamento, interdisciplinaridade e metodologias ativas. *Devir Educação*, Lavras, v. 4, n. 1, p. 77-92, 2020. <https://doi.org/10.30905/ded.v4i1.157>

CASTRO, Maria Helena M. M. S.; MARCELINO, Marlene S. *Fermentos químicos, biológicos e naturais*. Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2012.

CHAPIESKI, Gabriela Aparecida. Produção de fermento natural a partir de farinha refinada e farinha integral. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

COELHO NETO, D. M. et al. Conceitos químicos envolvidos na produção da cerveja: uma revisão. *Revista Virtual de Química*, v. 12, n. 1, p. 1-28, 2020.

COELHO, Jackson Dantas. *Trigo: produção e mercados*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2021. Disponível em: <https://bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1057>. Acesso em: 7 set.

2025.

DALLA BONA, Fabiano. A pizza: delícia de súditos e reis entre a oralidade e a literatura. *Revista de Italianística*, n. 19-20, p. 140-154, 2010. <https://doi.org/10.11606/issn.2238-8281.v0i19-20p140-154>

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L. *Química de alimentos de Fennema*. Porto Alegre: Grupo A, 2019.

DA SILVA BRAGA, Maria de Nazaré et al. A importância das aulas práticas de química no processo de ensino-aprendizagem no PIBID. *Diversitas Journal*, v. 6, n. 2, p. 2530-2542, 2021. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v6i2-1267>

DE BORBA, Verônica Simões. Modificações do amido e suas implicações tecnológicas e nutricionais. 2021. p. 10-18. <https://doi.org/10.37885/210504724>

DE OLIVEIRA LACERDA, Divaniella; ABÍLIO, Francisco José Pegado. Experimentação: análise de conteúdo dos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 8, p. 163-183, 2017.

DE SOUZA, Ednilson Sergio Ramalho; DO ESPÍRITO SANTO, Adilson Oliveira. A modelagem matemática como metodologia para o ensino-aprendizagem de física. In: ENCONTRO PARAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 6., 2008, Pará. *Anais [...]*. Pará, 2008.

DE SOUSA SANTOS, Boaventura. Epistemologías del sur. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, v. 16, n. 54, p. 17-39, 2011.

DEWICK, Paul M. *Medicinal natural products: a biosynthetic approach*. 2nd ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2001. <https://doi.org/10.1002/0470846275>

DYKES, L.; ROONEY, L. W. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World*, v. 52, n. 3, p. 105-111, 2007. <https://doi.org/10.1094/CFW-52-3-0105>

FIRMO, Paulo Eduardo Torres. Aplicação de ferramentas de melhoria contínua em um

moinho de trigo. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50551>. Acesso em: 11 set. 2023.

FONSECA, Antônio Augusto Oliveira et al. Produção, caracterização e avaliação sensorial de fermentado alcoólico de manga (*Mangifera indica* L.) variedade “Carlota”. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 46176-46192, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-301>

FORKISH, Ken. *The elements of pizza: unlocking the secrets to world-class pies at home*. 1. ed. Berkeley: Ten Speed Press, 2016.

GANDOLFI, Carolina Vanco. Análises físico-químicas de trigo destinado à malteação. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

HELSTOSKY, Carol. *Pizza: a global history*. Londres: Reaktion Books, 2008.

KOPFLER, Katherine et al. Effect of flour age on sensory evaluation of whole wheat bread. Bastyr University Food Science, LabTR5115L-D, 2012.

MAIA, Alessandra de Souza; OSÓRIO, Viktoria Klara Lakatos. Decomposição térmica do bicarbonato de sódio: do processo Solvay ao diagrama tipo Ellingham. *Química Nova*, v. 26, n. 4, p. 595-601, 2003. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422003000400026>.

MARTINBIANCO, Fernanda. *Desenvolvimento da tecnologia para a produção de pão sourdough: aspectos da produção de inóculo e qualidade sensorial de pães*. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MCGEE, Harold. *Comida & cozinha: ciência e cultura da culinária*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

MOREIRA, Catarina. Respiração. *Revista de Ciência Elementar*, v. 1, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.24927/rce2013.009>

MORRIS, C. F.; ROSE, S. P. White wheat. In: KHAN, K.; SHEWRY, P. R. (ed.). *Wheat: chemistry and technology*. 4. ed. St. Paul: AACC International, 2009. p. 455-471.

PAVEZZI, Fabiana Carina. Glucoamilases mutantes termoestáveis do fungo *Aspergillus awamori* expressas em levedura *Saccharomyces cerevisiae*: Sequenciamento do gene, produção e purificação das enzimas obtidas por fermentação submersa. 2011. 92 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2011.

RESENDE, G. C. de. Formulação e avaliação de fermentos químicos para pré-mistura de bolos. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RODRIGUES, Ângela Maria Duarte Peres. Caracterização do pão regional do distrito de Viseu e de pão São. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Instituto Politécnico de Viseu, Portugal, 2012.

RUBEL, William. *Bread: a global history*. Londres: Reaktion Books, 2011.

SANZOGO, Luiza; OLIVEIRA, Tainara Eduarda de. Trigo: tipos de farinha. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Agroindústria) – ETEC Padre José Nunes Dias, Monte Aprazível (SP), 2021. <https://doi.org/10.29327/539425>

SAVARIN, Brillat. *A fisiologia do gosto*. Tradução: Paulo Neves. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

SCHEUER, Patrícia Matos et al. Trigo: características e utilização na panificação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v13n2p211-222>

SILVA, Aroldo N.; FRÍSCIO, Fabiana C. A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 3, p. 232-243, 2021. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160239>

SILVA, Priscila S. Bioquímica dos alimentos. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

SILVA, Thayná Habeck Lúcio et al. Determinação experimental das propriedades físicas e químicas de pães durante o assamento. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SOUZA, Maytte Gabrielle Araujo. A importância da interdisciplinaridade entre o ensino de

Física, Química e Biologia no ensino fundamental. 2022. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, 2022.

TOZATTI, Patricia. *The development of alternative strategies for using chemical oxidizing and reducing agents in flours as a means of controlling gluten strength prior to developing dough*. 2020. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – University of Saskatchewan, Saskatoon, 2020.

WHITE, Chris; ZAINASHEFF, Jamil. *Yeast: the practical guide to beer fermentation*. Boulder: Brewers Publications, 2010.

WIESER, Herbert. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>

WIESER, Herbert; KOEHLER, Peter; SCHERF, Katharina A. The two faces of wheat. *Frontiers in nutrition*, v. 7, p. 517313, 2020. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.517313>