

A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento

Aroldo N. Silva e Fabiana C. Frísio

Neste artigo apresentamos a química envolvida na feitura do pão de fermentação natural e os impactos do fato da indústria alimentícia ter assumido, sobretudo a partir da Segunda Revolução Industrial do século XIX, a maior parte da sua produção e comercialização. Por meio de uma abordagem contextualizada, propomos algumas possibilidades de inserção dessa temática no ensino médio, de modo a contemplar aspectos da química orgânica.

► pão, fermentação, ensino de química ◀

232

Recebido em 10/06/2020, aceito em 22/10/2020

O pão é o alimento mais antigo da civilização humana. A sua história se confunde, em partes, com a trajetória da civilização ocidental, dos egípcios, responsáveis pela sua invenção há mais de seis mil anos, passando pelos gregos e os romanos que, por sua vez, fizeram do pão um instrumento de sua política e de manutenção da ordem. Os judeus utilizaram esse alimento para nortear aspectos de sua legislação religiosa e social, ao passo que os cristãos o tinham como forma de simbolizar o corpo de Cristo (Jacob, 2003).

Do ponto de vista prático, fazer um pão usando um pacote de fermento comprado no supermercado é mais fácil em relação ao seu modo de produção mais antigo, no qual se utiliza a ação das leveduras e bactérias selvagens na produção do pão de fermentação natural, também denominada fermentação *sourdough* (do inglês, massa azeda). Dentre as principais diferenças, destacamos que a produção do pão de fermentação natural exige envolvimento das mãos e compreensão do tempo necessário para que os processos de natureza química e biológica ocorram. Os aromas característicos, a coesão que a massa adquire ao longo do processo e o crescimento do pão no forno resultam em uma experiência



Figura 1: O pão de fermentação natural e seus ingredientes: I: pão de fermentação natural; II: fermento natural; III: água mineral; IV: farinha de trigo e V: sal (NaCl). Fonte: elaborado pelos autores.

nutricional, olfativa e afetiva que compensa o longo tempo de espera. Ao sair do forno, ainda é preciso aguardar que o centro da massa cozinhe por completo, por isso é necessário um pouco mais de paciência para sua degustação (McGee, 2014; Pollan, 2014; Katz, 2014). A Figura 1 ilustra o pão de fermentação natural e seus ingredientes.

O resgate desse processo nas últimas décadas marca uma

A seção "Química e Sociedade" apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre Ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

preocupação não apenas com relação aos aspectos nutricionais, mas com o espaço que a indústria alimentícia ocupa nos dias atuais. O distanciamento entre o ser humano e a produção de seu alimento, sobretudo a partir da Revolução Industrial no século XIX, modificou a maneira como nos relacionamos com o alimento. Na sociedade contemporânea, em função do ritmo frenético e da grande velocidade com a qual realizamos nossas atividades cotidianas, deixamos de lado em muitos momentos o cuidado com a nossa alimentação. No caso do pão, a indústria alimentícia assumiu esse papel e atualmente é responsável por grande parte de sua produção e comercialização (Pollan, 2014). Mas afinal, como se produz um pão de fermentação natural? Quais são os processos físico-químicos que ocorrem em sua produção? E como nós, professores de química, podemos levar esse tipo de temática para sala de aula? A resposta para estes questionamentos passa pelo entendimento de que o conhecimento científico não deve ser usado com um fim em si mesmo, mas como um meio para a formação crítica dos estudantes, trazendo à superfície aspectos que em nosso cotidiano são naturalizados.

Nesse sentido, a literatura da área de Ensino de Ciências destaca a contextualização como uma forma de atribuir significado ao conhecimento escolar, de modo a superar o ensino pautado na transmissão conceitual. A escolha de uma temática mais próxima da vivência do estudante, por contemplar aspectos de natureza social, econômica e tecnológica, contribui não apenas como um fator de motivação para o seu envolvimento e estudo, mas também para estabelecer uma relação dialógica entre conhecimento científico e cotidiano (Mortimer *et al.*, 2000; Marcondes, 2008; Delizocoi *et al.*, 2009; Wartha e Faljoni-Alario, 2013; Wartha *et al.*, 2013; Braibante *et al.*, 2014).

No presente trabalho apresentamos, na interface entre o conhecimento prático e científico, as etapas de preparação do pão de fermentação natural e algumas possibilidades para inserir esse tema no ensino de química. O uso dessa temática no ensino é um meio de repensar nossos hábitos alimentares, refletir sobre a importância da feitura do nosso alimento e do papel que indústria alimentícia assumiu em nossa história recente. Isso é importante para que os estudantes sejam capazes de se posicionar criticamente diante de questões complexas que exigem, além do conhecimento científico, o entendimento das dimensões social, econômica e tecnológica que impactam a nossa alimentação.

A nossa relação com o preparo do alimento e o pão de fermentação natural

Cozinhar permitiu que expandíssemos a nossa capacidade cognitiva em relação à capacidade digestiva. Segundo estudos de alguns antropólogos, cozinhar é uma ação simbólica

que nos diferencia enquanto espécie humana. Está muito atrelado à nossa capacidade de evolução em relação aos animais (Pollan, 2014). Talvez por isso, a nossa relação com a produção do nosso próprio alimento apresenta, hoje, algumas contradições. Por exemplo, apesar da indústria alimentícia ter assumido o papel de preparar grande parte dos nossos alimentos, por outro lado, fala-se mais sobre culinária, lê-se mais sobre o tema e passamos cada vez mais tempo assistindo a programas de culinária nas mais diversas mídias. Isso pode se dar pelo fato de termos este ato tão ligado à nossa memória, ao nosso psicológico ancestral, como algo que é nosso e que, de certa maneira, está nos sendo tirado pela indústria (Pollan, 2014).

Apesar das críticas que se possa fazer à indústria alimentícia, é válido ressaltar alguns de seus benefícios. As mulheres, por exemplo, historicamente responsáveis pelo preparo das refeições da família, passaram a assumir maior protagonismo na sociedade, seja no mercado de trabalho, no estudo e em outros espaços antes ocupados pela figura do homem, algo que também influenciou na divisão de tarefas do lar. Além disso, a industrialização contribuiu para diversificar a nossa dieta, o que resultou em um aumento das opções

culinárias para as pessoas que não sabem cozinhar e de diferentes condições econômicas (Pollan, 2014). O que é muito prejudicial na ação das grandes empresas é que elas tendem a adicionar mais açúcar, sal e gordura em relação ao que usaríamos em casa. Outro aspecto discutível envolve a

adição de conservantes nos alimentos para retardar a sua decomposição, aumentando a sua durabilidade (Pollan, 2014; Nupens, 2020).

Esse distanciamento da cozinha e consequente mudança em nosso hábito alimentar coincide com o aumento da obesidade e de todas as doenças crônicas associadas à alimentação, como colesterol alto, hipertensão e diabetes. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), em meados de 2025, cerca de 2,3 bilhões de adultos no mundo estarão acima do peso, com cerca de 700 milhões de indivíduos com obesidade (índice de massa corporal – IMC – igual ou acima de 30). O Brasil, nos últimos anos, teve um aumento significativo dessa doença crônica, com 55,7% da população apresentando excesso de peso (IMC igual ou maior que 25) e 19,8% da população com obesidade. Ninguém tem obesidade por escolha própria ou falta de vontade. Ela surge por uma série de fatores, como a diminuição dos níveis de atividade física, o estresse, o aumento do consumo de alimentos calóricos e até o uso de certos medicamentos. Trata-se de uma questão de saúde pública, de complexa resolução e que envolve especialistas de diversas áreas para o seu tratamento (Dias *et al.*, 2017; Abeso, 2020).

Diante desses aspectos é necessário orientar e estimular as pessoas a refletir sobre o próprio estilo de vida e a realizar escolhas alimentares mais adequadas. Em que momento

No presente trabalho apresentamos, na interface entre o conhecimento prático e científico, as etapas de preparação do pão de fermentação natural e algumas possibilidades para inserir esse tema no ensino de química.

realizamos uma preparação culinária? Esse alimento é consumido em quais condições, sozinho ou acompanhado? Como esse alimento foi produzido? Como esse alimento chega ao nosso lar? Essas são algumas questões que demonstram, por um lado, que a alimentação é mais do que simples ingestão de nutrientes e, por outro, que o cultivo de um hábito alimentar saudável, que dialogue com a nossa cultura alimentar e que seja ambientalmente sustentável é complexo e necessita ser discutido em todos os setores da sociedade, e isto inclui a escola (Nupens, 2020).

Diversos países, seguindo a recomendação da OMS e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), recomendam há mais de duas décadas que os países elaborem Guias Alimentares para as pessoas terem condições de realizar escolhas mais adequadas. Este tipo de Guia é um instrumento que extrapola a esfera do indivíduo, pois auxilia os governos a elaborarem políticas públicas voltadas à saúde da população. O Brasil é um dos países que possui, desde 2006, o Guia Alimentar para a População Brasileira, um documento oficial do Ministério da Saúde do Brasil e que recentemente contou

Diversos países, seguindo a recomendação da OMS e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), recomendam há mais de duas décadas que os países elaborem Guias Alimentares para as pessoas terem condições de realizar escolhas mais adequadas. Este tipo de Guia é um instrumento que extrapola a esfera do indivíduo, pois auxilia os governos a elaborarem políticas públicas voltadas à saúde da população

com a participação do Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde da USP (Nupens), em um processo de atualização que resultou em uma segunda edição, publicada em meados de 2014 (Brasil, 2014; Nupens, 2020).

As recomendações que o Guia Alimentar propõe não são baseadas no tipo de nutrientes que ingerimos, e sim em uma classificação nova que organiza os alimentos por grau de processamento. Esse é um aspecto central no Guia, pois a extensão do processamento de um alimento impacta a forma como nos relacionamos com ele e, conseqüentemente, com a nossa saúde. Por exemplo: alimentos que são produzidos em larga escala, de forma rápida, com padronização de sabor, resultam em um tipo de experiência que impacta, dentre outros aspectos, a forma como nos

socializamos, os hábitos alimentares constituídos historicamente e até mesmo a quantidade do alimento que ingerimos. No caso brasileiro, temos um padrão alimentar inserido em nossa cultura, traduzido pelo feijão com arroz, nutricionalmente balanceado, acessível e saboroso (Brasil, 2014). O Quadro 1 apresenta a classificação nova dos alimentos segundo a extensão do processamento.

Quadro 1: Classificação dos alimentos com base no grau de processamento.

categorias	Significado	Exemplos
Alimentos <i>in natura</i> ou minimamente processados	São alimentos comercializados na forma como foram obtidos, de origem vegetal ou animal, ou que passaram por pequenas intervenções, mas sem receber nenhum tipo de ingrediente no decorrer do processo (como a adição de sal, açúcar, óleos, gorduras ou aditivos químicos).	Frutas, legumes, verduras, raízes, ovos, leite pasteurizado, tubérculos, cortes de carnes congelados ou resfriados, especiarias, etc.
Ingredientes culinários	São utilizados na cozinha para o preparo dos alimentos <i>in natura</i> ou minimamente processados. São utilizados nas receitas para temperar, refogar, fritar e cozinhar.	Sal, açúcar, óleos, azeite, banha de porco, gordura de coco, manteiga e vinagre.
Alimentos processados	São alimentos que receberam adição de sal, açúcar, óleo ou vinagre e que foram cozidos, secos, fermentados ou passaram por alguma técnica de conservação, como salga, salmoura, defumação, etc.	Pães feitos com farinha, água, sal e levedura (vendidos a granel em padarias e supermercados), massas secas ou frescas, queijos, conservas, ervilha, milho em lata, extratos e concentrados de tomate, etc.
Alimentos ultraprocessados	São formulações feitas pela indústria a partir das etapas do processamento e que resultam da combinação de muitos ingredientes, como: compostos industriais, proteína de leite, gordura vegetal hidrogenada, xarope de frutose, espessantes, emulsificantes, corantes, aromatizantes, realçadores de sabores, substâncias sintetizadas a partir de carvão e petróleo, etc.	Preparações congeladas que vão direto ao forno ou para o micro-ondas (lasanha, hambúrguer, pizza, etc.), carnes temperadas e empanadas, macarrão instantâneo, refrigerantes, biscoitos recheados, sucos adoçados, mistura para bolo, achocolatado, sopa em pó, sorvetes, balas, salgadinhos de pacote, cereais matinais açucarados, salsicha, pães de forma, etc.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2014.

Quando as pessoas expressam o que entendem por uma alimentação saudável, o que geralmente ouvimos? Uma alimentação sem glúten? Light? Uma dieta com restrição na ingestão de nutrientes a base de carboidratos ou proteínas? Caso a pessoa não tenha algum tipo de restrição alimentar, a busca por uma alimentação saudável passa pela cozinha, ou seja, pelo preparo das refeições que respeite a sazonalidade dos alimentos, que sejam sustentáveis e que não utilizem alimentos ultraprocessados (Brasil, 2014).

No caso do pão, como podemos realizar uma escolha adequada? Segundo a classificação proposta pelo Guia Alimentar, temos a seguinte opção: o pão comprado de forma avulsa em padarias e supermercados, produzido a partir de um conjunto de técnicas que combinam farinha, sal, água e fermento (alimento processado), pois trata-se de um alimento produzido por processos semelhantes às técnicas culinárias caseiras e que, além do uso de ingredientes culinários, passou pelo processo de fermentação. A outra opção é o pão de fermentação natural.

Na atualidade há um resgate da produção do pão de fermentação natural, diferente em muitos aspectos dos tipos de pães que mencionamos anteriormente, sobretudo pelo processo longo de fermentação, responsável pelos principais benefícios desse alimento. Compreender o declínio e o resgate deste tipo de pão envolve o entendimento de como a tecnologia envolvida na produção do pão se modificou em função das transformações socioeconômicas.

A produção do pão envolve uma tecnologia singular, que resulta de um longo aprendizado – da pré-história até os tempos atuais – de como manusear e produzir os elementos que são essenciais para sua produção – no caso, os cereais, os instrumentos e as máquinas que realizam a moagem do grão, os microrganismos, as substâncias químicas responsáveis pela fermentação da massa, os fornos e as pessoas que produzem e o consomem (Jacob, 2003; McGee, 2014).

Esse conjunto de aspectos, na atualidade, culmina na busca e produção de trigos que sejam resistentes às mudanças climáticas e que apresentem alta capacidade de crescimento para atender à demanda do mercado. Disso resulta o fato de que a espécie mais comum do trigo (*Triticum aestivum* L.) apresenta uma ampla variedade genotípica, o que explica, por exemplo, as diferenças no teor de proteínas, carboidratos e minerais que podemos encontrar de uma variedade para outra, o que impacta na qualidade da farinha que se produz a partir desse cereal (Biesiekierski, 2017).

Em meados de 1800, na Inglaterra, grande parte dos pães eram produzidos em fornos caseiros ou comunitários. Com a Revolução Industrial e o consequente aumento da população urbana e da renda *per capita*, as pessoas passaram a adquirir o pão nas padarias, que assumiram a sua produção. Se, por um lado, isso reflete em maior comodidade e

demonstra a expansão do capitalismo, por outro, surgem alguns problemas, como a adulteração da farinha, com o uso de materiais para dar volume à massa, como giz e osso. Com a industrialização do século XX a indústria assume um papel cada vez mais relevante na produção do pão. Há um declínio no consumo de pães, pois as pessoas, em função do aumento da renda, passam a consumir mais carne e bolo. Esse é um aspecto que reflete na forma como os pães serão produzidos a partir de então, com a preparação de massas à base de gordura e açúcares. Além da adição de novos ingredientes, da mecanização do processo para suprir a demanda cada vez mais crescente, temos mudanças no processo de fermentação biológica da massa, que deixa de respeitar o tempo necessário para as leveduras atuarem, por exemplo, no fortalecimento das cadeias de glúten e na quebra do amido (glicídios). Disso resulta a produção de pães macios, com textura semelhante ao bolo, de casca fina, flácida e com sabor diferente do pão de fermentação natural (Jacob, 2003; McGee, 2014; Pollan, 2014).

Esse breve recorte das principais transformações na produção do pão ilustra como o desenvolvimento científico e tecnológico, ao reproduzir aquilo que ocorre na natureza –

acelerando os processos em busca de maior produtividade – nem sempre resulta em benefícios às pessoas. Contrapondo a esse cenário, a partir da década de 1980 se inicia um resgate dos modos tradicionais de panificação – sobretudo nos Estados Unidos e na Europa –, em busca do sabor e da textura perdidos com o processo

de industrialização. Pequenas padarias começam a produzir pães com grãos menos refinados, desenvolvendo a massa por meio de uma fermentação longa como antigamente e assando o pão em fornos de tijolo, para obter filões escuros e de casca crocante. O advento da máquina de fazer pão é outro fator que auxilia nesse resgate, pois as pessoas, mesmo ocupadas ou com poucas habilidades culinárias, colocam os ingredientes na máquina e iniciam o processo (Jacob, 2003; McGee, 2014).

Os benefícios gerais da fermentação

A fermentação é um fenômeno natural muito mais amplo do que as práticas utilizadas na culinária.

A partir das pesquisas de Louis Pasteur começamos a desenvolver as ideias atuais sobre o processo de fermentação natural, cujo ponto central é o metabolismo de uma classe de fungos – as leveduras ou fermentos – que produzem gases. Atualmente conhecemos mais de cem espécies, sendo que algumas causam infecções nos seres humanos e provocam a deterioração de alimentos, ao passo que uma espécie, a *Saccharomyces cerevisiae*, pode ser utilizada na produção do pão e da cerveja. Ao metabolizar os açúcares, as leveduras liberam etanol e gás carbônico, conforme a equação

Em meados de 1800, na Inglaterra, grande parte dos pães eram produzidos em fornos caseiros ou comunitários. Com a Revolução Industrial e o consequente aumento da população urbana e da renda per capita, as pessoas passaram a adquirir o pão nas padarias, que assumiram a sua produção.

química: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ (McGee, 2014; Rosa e Afonso, 2015). Durante o processo de preparação do pão, tanto o gás carbônico como o etanol ficam retidos na massa e ambos são eliminados durante o processo de cocção do pão. A farinha utilizada no preparo contém enzimas que são responsáveis pelo rompimento dos grãos de amido, produzindo os açúcares que serão metabolizados pelas leveduras. Além da liberação do gás carbônico, responsável pelo crescimento da massa, as leveduras produzem outras substâncias que contribuem para fortalecer o glúten e melhorar a elasticidade da massa do pão (McGee, 2014).

O fermento natural é produzido a partir de uma mistura de água e farinha. Essa mistura, na presença do ar, é dominada por uma complexa flora microscópica, composta por uma mistura de leveduras selvagens (fungos) e bactérias. Essa cultura é fundamental, por exemplo, para romper os grãos de amido e digerir parte do glúten durante a preparação da massa do pão, liberando carboidratos, proteínas e sais minerais que serão absorvidos pelo organismo (Pollan, 2014; Cooked, 2016). Existem diferentes técnicas para produzir o fermento natural, como as sugeridas por Camargo (2013) e Venquiaruto *et al.* (2011). O fermento biológico (fresco, seco ou instantâneo) comercializado é uma monocultura, na qual as leveduras foram selecionadas para se desenvolverem o mais rápido possível, resultando em um crescimento acelerado da massa durante o preparo do pão devido à liberação de gás carbônico. Essa simplificação do processo de fermentação, dentre outros aspectos, não confere ao pão o mesmo valor nutricional em relação ao de fermentação natural e o torna mais difícil de ser digerido pelo organismo, pois os nutrientes não estão disponíveis para serem absorvidos como ocorre em uma cultura *sourdough* (Katz, 2014; Cooked, 2016).

Na atualidade, há um interesse crescente pela fermentação devido aos seus benefícios à saúde, porém, essa é uma técnica mais ampla, que contribui para a conservação de alimentos, eficiência energética e na obtenção de sabores ricos e complexos.

Dentre os benefícios à saúde, os alimentos fermentados promovem, como mencionamos, a pré-digestão do alimento, o que favorece a disponibilidade de nutrientes para o organismo e, no caso do pão, a sua digestão ao realizar a quebra parcial das cadeias de glúten. Além disso, o alimento fermentado produz nutrientes, elimina toxinas e enriquece a microbiota do intestino (Katz, 2014; Pollan, 2014).

O pão de fermentação natural, produzido por meio de uma fermentação longa, resulta na produção de ácidos orgânicos que desaceleram a absorção de açúcares da farinha branca pelo organismo. Trata-se, por isso, de um alimento que apresenta menor índice glicêmico em relação ao pão fermentado com apenas uma única cultura de leveduras, como ocorre atualmente em grande parte da produção dos pães industrializados (Pollan, 2014).

O fermento natural é produzido a partir de uma mistura de água e farinha. Essa mistura, na presença do ar, é dominada por uma complexa flora microscópica, composta por uma mistura de leveduras selvagens (fungos) e bactérias.

Com relação à conservação de alimentos, a técnica de fermentação contribui para manter os alimentos estáveis a temperatura ambiente. No mundo contemporâneo, temos ao nosso alcance uma série de tecnologias que moldaram a maneira como pensamos na conservação dos alimentos (conservantes químicos, alimentos enlatados, embalados, congelados, irradiados e ultrapasteurizados). A fermentação não faz com que o alimento dure para sempre, mas contribui para prolongar as suas características saudáveis por um período maior de tempo. Isto acontece de várias maneiras, como, por exemplo, pela produção de substâncias que impossibilitam o desenvolvimento de bactérias. São os próprios organismos

que dominam o alimento os responsáveis por produzir proteínas antibacterianas ou subprodutos metabólicos como o álcool etílico, o ácido lático, o ácido acético e outros (Katz, 2014).

Do ponto de vista da eficiência energética, alguns alimentos fermentados podem ser consumidos

com menos cozimento, o que gera economia em termos de fonte de energia, seja de origem fóssil ou elétrica. Um exemplo disso são os grãos de soja, que podem levar até seis horas para cozimento em fogo brando. Em um momento em que há demanda cada vez maior por fontes de energia e de incertezas em relação a sua disponibilidade futura, é importante considerar a energia despendida pelos alimentos, seja no seu preparo ou na energia necessária para sua refrigeração (Katz, 2014).

O pão e o ensino de química

A inserção da temática da produção do pão de fermentação natural no currículo escolar possibilita o estudo de diferentes aspectos da química orgânica. Apresentamos aqui algumas possibilidades que, além de contemplarem os aspectos físico-químicos envolvidos na produção do pão, discutem as dimensões social, econômica e tecnológica que impactam na maneira como nos relacionamos com esse alimento na atualidade.

Aspectos físico-químicos na preparação do pão de fermentação natural

Os procedimentos e as técnicas utilizadas na produção do pão de fermentação natural não são padronizados, pois em função dos materiais de partida – água, farinha, sal e fermento –, das condições de temperatura, de estrutura física e das habilidades culinárias de cada indivíduo, é possível encontrar algumas variações no modo de preparo. Dentre as etapas envolvidas (Apêndice II), destacamos: a manipulação do fermento natural; a mistura dos ingredientes; a fermentação; a cocção e o resfriamento do pão.

Antes da mistura dos ingredientes, é necessário refrescar o fermento natural, ou seja, deve-se separar uma porção dele

já preparado (geralmente armazenado na geladeira) para realizar uma mistura com água e farinha. É necessário aguardar que a mistura resultante dobre de volume, sinal de atividade das leveduras, e adquira uma textura aerada para realizar a mistura dos ingredientes (Camargo, 2013; Katz, 2014).

Essa mistura é feita a partir de farinha, água, sal (NaCl) e o fermento refrescado. Nessa etapa os grânulos de amido (polissacarídeo) rompidos absorvem água e as enzimas digerem parte do amido, transformando-os em açúcares que serão consumidos pelas leveduras que, por sua vez, produzem gás carbônico e álcool. Uma vez formada a massa, inicia-se o seu processo de desenvolvimento por meio da sova – um processo físico e repetitivo, que consiste em estender, dobrar e comprimir a massa por inúmeras vezes. Esse processo é fundamental, como será discutido mais adiante, para desenvolver o glúten (Camargo, 2013; Pollan, 2014; McGee, 2014).

Em seguida inicia-se a chamada primeira fermentação, imprescindível para que as leveduras atuem, produzindo o gás carbônico responsável pelo crescimento da massa, o álcool e o ácido láctico. Trata-se de uma etapa longa e que sofre influência da temperatura ambiente, que interfere na atividade das leveduras. No decorrer da primeira fermentação realizam-se cerca de quatro dobradas na massa, com a função de alinhar e favorecer a interação entre as proteínas que constituem o glúten. Disso resulta uma massa estruturada e coesa, que permite o chamado boleamento (Apêndice II) do pão, para que seja levado à geladeira onde ocorrerá a segunda fermentação. A divisão do processo em duas etapas – temperatura ambiente e na geladeira – é uma forma de evitar que o trabalho realizado se estenda ao longo do dia e da noite. Ao colocar a massa na geladeira, realiza-se o controle da atividade biológica das leveduras, permitindo que a fermentação ocorra de forma lenta e gradual (Camargo, 2013; Pollan, 2014; McGee, 2014).

No dia seguinte, retira-se a massa da geladeira e inicia-se a etapa de cocção do pão, que pode ser realizada em um forno convencional com algumas adaptações, como o uso de um termômetro para o melhor controle da temperatura e de uma panela de ferro com tampa para evitar que o vapor d'água se dissipe do forno durante a cocção. É a presença de vapor d'água que aumenta a transferência de calor para a massa, resultando em sua rápida expansão. A causa principal dessa expansão é a vaporização do álcool e da água da massa, formando gases que preenchem e expandem os bolsões formados durante a fermentação. O próprio vapor, ao condensar-se na superfície da massa, forma uma película de água que impede a sua secagem e a formação da casca, deixando-a elástica para não prejudicar o crescimento inicial do pão. Como se pode observar nas imagens (Apêndice II), inicialmente usa-se a panela tampada e, após um certo tempo, retira-se a tampa para finalizar a cocção. Por fim, deve-se retirar o pão do forno e aguardar o seu resfriamento que,

Uma vez formada a massa, inicia-se o seu processo de desenvolvimento por meio da sova – um processo físico e repetitivo, que consiste em estender, dobrar e comprimir a massa por inúmeras vezes.

dentre outros aspectos, resulta no equilíbrio de temperatura entre a parte externa da casca (200°C) e o interior (93°C) do pão (McGee, 2014).

A descrição e a socialização das imagens de parte do processo são um meio para que o professor tenha condições de contextualizar o tema na sala de aula e problematizar, dentre outros aspectos, a forma como o pão de fermentação natural é produzido, as variáveis que interferem no processo e o papel das leveduras. Nesse sentido apresentamos um questionário (Apêndice I) que pode ser realizado antes de se discutir o tema na sala de aula. O levantamento do conhecimento prévio dos estudantes em diálogo com essa abordagem visa ir além da motivação ou simplesmente da transmissão de um conjunto de informações. Esse trabalho pode ser dialogado com a experimentação, como propõem Venquiaruto *et al.* (2011) ao comparar a atividade biológica das leveduras em diferentes condições de temperatura e concentração.

Discutir o modo de preparo do pão de fermentação natural e as transformações realizadas pela indústria alimentícia no seu modo de produção é fundamental para o estudante entender as implicações sociais da Química e das tecnologias em sua vida.

A importância do glúten na formação da estrutura da massa do pão

O trigo guarda em si algumas particularidades que o distinguem de outros cereais. Qualquer ingrediente em pó misturado com a água, de modo geral, forma uma pasta simples e inerte. No entanto, se uma porção de farinha for misturada com cerca de metade de água, temos uma mistura que parece ganhar vida própria. Inicialmente temos uma massa uniforme e que dificilmente muda de forma, mas com o tempo e a sova, essa mistura começa a ganhar elasticidade e coesão (Apêndice II, imagens 7 e 8).

A estrutura do pão se deve basicamente à interação de três elementos: a água, as proteínas do glúten da farinha e os grânulos de amido. A massa que se forma a partir da mistura de água e farinha pode ser firme – caso contenha mais farinha que água – ou líquida – caso contenha mais água que farinha. Em geral, as massas firmes apresentam rigidez suficiente para serem trabalhadas com as mãos. Nesse tipo de massa toda a água interage com as proteínas do glúten e com os grânulos de amido. Durante a cocção do pão os grânulos de amido absorvem água, se expandem e formam uma estrutura sólida fixa, como se pode observar na imagem 16 (Apêndice II). O miolo do pão representa essa estrutura sólida, formada por amido, proteínas e uma série incontável de bolhas de ar que se romperam durante a cocção do pão. São as proteínas do glúten que armazenam o gás carbônico proveniente da fermentação, como uma espécie de balão. Durante a cocção ocorre a expansão e o seu rompimento, tornando a massa leve e porosa.

Para que esse resultado seja atingido é fundamental que a farinha de trigo utilizada apresente um teor proteico elevado, para que seja possível desenvolver as proteínas do glúten que irão estruturar a massa do pão (McGee, 2014). Atualmente são cultivados e comercializados vários tipos de trigo, que nem sempre apresentam a qualidade e o teor de proteínas adequadas para panificação, o que resulta, por exemplo, na comercialização de melhoradores de farinha e na adição de glúten nos pães que são produzidos pela indústria.

Na atualidade fala-se muito sobre o glúten e os seus possíveis malefícios à saúde. Cunha (2018) argumenta que o glúten não é uma invenção da indústria alimentícia, como são os corantes, aromatizantes, estabilizantes e até mesmo as gorduras trans, mas um conjunto de complexas proteínas naturais que derivam de cereais como trigo, centeio, cevada e aveia.

As proteínas são macromoléculas formadas pela combinação de aminoácidos e, no caso das principais proteínas do glúten, são formadas por cerca de mil unidades de aminoácidos (McGee, 2014). Conceitualmente, as proteínas apresentam quatro níveis de organização: estrutura primária, secundária, terciária e quaternária.

A estrutura primária corresponde à sequência de aminoácidos de uma proteína. A secundária refere-se à conformação de uma cadeia polipeptídica, ou seja, trata-se do arranjo espacial de segmentos de aminoácidos localizados na estrutura primária. A estrutura terciária é a forma que o polipeptídeo assume em função das interações entre grupos de peptídeos que estão localizados em diferentes partes da estrutura primária, o que resulta na estrutura tridimensional da proteína. Por fim, a estrutura quaternária corresponde ao arranjo espacial de mais de uma cadeia polipeptídica (Francisco Junior e Francisco, 2006; Soares, 2008).

As proteínas do trigo correspondem de 8 a 15% do peso total do grão, cuja separação resulta em quatro classes de proteínas: as albuminas, globulinas, prolaminas e gluteninas. Do conteúdo total de proteínas, 15% é constituído pelas albuminas, globulinas e peptídeos menores, ao passo que 85% correspondem às frações prolamina e glutenina do trigo, que abrangem, respectivamente, as proteínas gliadina e glutenina (Soares, 2008).

Essas classes de proteínas em conjunto constituem o glúten e são responsáveis por conferir vivacidade às massas em função da capacidade de absorção de água, coesão, viscosidade e elasticidade, aspectos fundamentais na feitura de um pão fermentado. Secas, gliadinas e gluteninas são imóveis e inertes, no entanto, na presença de água elas adquirem a capacidade de mudar de forma, passam a ter mobilidade e interagem entre si (Pollan, 2014; McGee, 2014). A Figura 2 apresenta um modelo para as proteínas gliadina, glutenina e para a junção delas.

A gliadina é uma proteína monomérica – formada por apenas uma cadeia polipeptídica – e globular. Cada esfera representada na Figura 2 corresponde a um monômero (Soares, 2008). Do ponto de vista estrutural, as gliadinas dobram sobre si mesmas, formando uma estrutura compacta e que interage com as cadeias de gluteninas. Estas, por sua

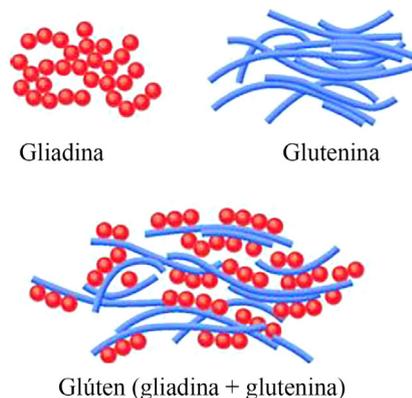


Figura 2: Modelo para as proteínas gliadina, glutenina e para a junção delas. Fonte: Ribeiro, 2012.

vez, estabelecem interações intra e intermoleculares entre suas próprias cadeias, formando uma rede extensa e firme (McGee, 2014; Ceresino, 2018).

A presença das gliadinas entre as gluteninas confere ao glúten plasticidade, ou seja, capacidade de mudar de forma quando submetido a pressão e de reassumir a forma original quando esta cessa (McGee, 2014). As gliadinas, quando hidratadas, comportam-se como um líquido viscoso que confere à massa a propriedade de extensibilidade (Ceresino, 2018). Em função de sua conformação, as gliadinas atuam como “rolamentos” e permitem que determinadas partes das gluteninas deslizem umas em relação às outras sem o estabelecimento de ligações entre suas cadeias (McGee, 2014).

A elasticidade e a força da massa, por sua vez, se devem à estrutura helicoidal e sinuosa das gluteninas (Figura 3). Juntas, gliadinas e gluteninas conferem a propriedade viscoelástica à massa do pão (McGee, 2014; Ceresino, 2018).



Figura 3: Representação de uma das subunidades das gluteninas. Fonte: Ribeiro, 2012.

As interações entre as cadeias de glutenina, uma proteína polimérica e fibrosa, se devem, principalmente, ao fato de que suas extremidades apresentam aminoácidos que contêm enxofre, como a cisteína (Figura 3). Isso resulta na formação de pontes de dissulfeto (-S-S-) com os mesmos aminoácidos nas extremidades de outras cadeias da mesma proteína, o que contribui para as estruturas secundárias e terciárias dos polipeptídeos como o glúten (Atkins e Jones, 2001; Balakireva e Zamyatin Jr, 2016; McGee, 2014). O grupo funcional tiol (grupo -SH) ao longo da cadeia da glutenina também permite o estabelecimento de pontes de dissulfeto, o que leva à formação de uma rede extensa e que confere ao glúten estabilidade e força. As interações intra e intermoleculares são importantes na estabilização da estrutura polimérica da glutenina, bem como as ligações de hidrogênio entre

as cadeias polipeptídica do glúten. A Figura 4 apresenta a estrutura quaternária na cadeia polipeptídica de proteínas do glúten (McGee, 2014; Ceresino, 2018).

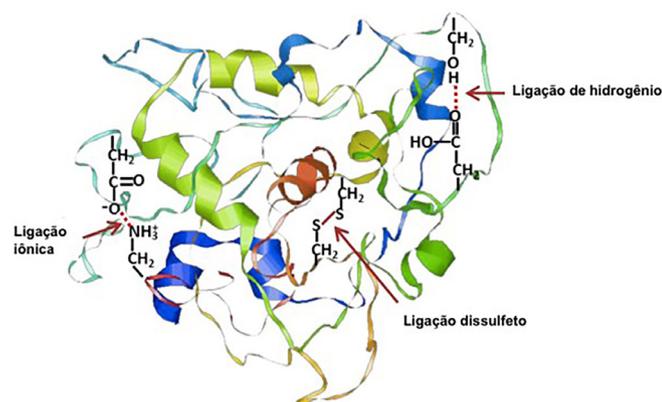


Figura 4: Representação das ligações químicas na cadeia polipeptídica do glúten. Fonte: Ceresino, 2018.

A estrutura quaternária representada na Figura 4 indica a disposição de mais de uma cadeia polipeptídica (subunidades) na composição do glúten. As setas mostram algumas das interações que ocorrem: uma ponte de dissulfeto; a ligação de hidrogênio, que neste caso se estabelece entre o hidrogênio da hidroxila e o oxigênio da carbonila; e uma ligação iônica, também denominada ponte salina ou interação iônica, formada entre as cadeias laterais de um aminoácido que possui o grupo amino (NH_3^+ , carregado positivamente) e o grupo carboxílico (COO^- , carregado negativamente). O estabelecimento dessas interações entre os aminoácidos que estão localizados em diferentes pontos da estrutura primária resulta na estrutura tridimensional assumida pelo polipeptídeo (Atkins e Jones, 2001; Ribeiro, 2012; Ceresino, 2018).

Esse conjunto de aspectos explica a elasticidade do glúten, pois as estruturas secundárias e terciárias tornam a cadeia de glúten sinuosa e helicoidal. O ato de sovar a massa, ou seja, a força mecânica que exercemos com as mãos estende

O ato de sovar a massa, ou seja, a força mecânica que exercemos com as mãos estende a massa, alongando as curvas sinuosas e as espirais do glúten se reconstituem e a massa volta a apresentar o tamanho e as formas de origem [...].

a massa, alongando as proteínas do glúten. Ao cessar a sova as curvas sinuosas e as espirais do glúten se reconstituem e a massa volta a apresentar o tamanho e as formas de origem (Apêndice II, imagens de 6 a 8).

As controvérsias em torno do glúten têm gerado, por um lado, a busca por dietas sem glúten (*glutenfree*) e, por outro, o desenvolvimento por parte da indústria alimentícia de opções culinárias sem glúten. O fato é que os grãos responsáveis pela formação do glúten são amplamente consumidos, sendo que a quantidade de proteínas varia conforme a qualidade do trigo e depende de vários fatores, como as condições ambientais do plantio (tipo de solo, uso de fertilizantes e agroquímicos) e a variedade genotípica do trigo cultivado, o que dificulta a análise e o entendimento dos distúrbios associados a seu consumo, como a doença celíaca e as alergias associadas ao trigo.

Segundo Pollan (2014), essa aversão ao glúten pode estar associada ao fato de que passamos a consumir nas últimas décadas uma série de alimentos industrializados (pães, bolos e bolachas) que não passaram pelo processo de fermentação natural, responsável pela quebra parcial do glúten, facilitando a sua digestão e eliminando alguns

peptídeos responsáveis pela intolerância. Além do fato das práticas modernas de cozimento terem reduzido o processo de fermentação do pão, Biesiekierski (2017) destaca que existem fontes, nem sempre tão óbvias, de glúten em inúmeros alimentos processados, como: carnes, frutos do mar reconstituídos, espessantes,

emulsificantes ou agentes gelificantes em balas, sorvetes, manteiga, temperos, molhos, etc. Ou seja, o glúten, em função de suas propriedades, é comumente utilizado como um aditivo nos alimentos para melhorar a textura, sabor e retenção de umidade.

Com relação à interface com o ensino de química, sugerimos explorar a formação do glúten e a sua importância na estrutura da massa de pão para discutir aspectos da química orgânica como, por exemplo, o estudo das proteínas.

Cada situação de contextualização explicitada no

Quadro 2: Abordagem das proteínas em sala de aula.

Parte	Contextualização	Tópicos conceituais abordados	Recursos / Fonte de pesquisa
I	Como a formação do glúten confere à massa uma estrutura elástica e coesa?	Interações intermoleculares.	Atividade de sensibilização a partir de uma mistura de água e farinha.
II	Como são formadas as proteínas?	Polímeros, aminoácidos, aminas, ácidos carboxílicos e ligação peptídica.	Francisco Junior e Francisco (2006).
III	Qual o papel das interações na estrutura de uma proteína?	Interações intermoleculares. Estrutura primária, secundária, terciária e quaternária. Desnaturação.	Correia <i>et al.</i> (2004). Francisco Junior e Francisco (2006).

Quadro 2 é uma forma do professor apresentar o objeto de estudo de forma dialogada com o estudante, acessar seu conhecimento prévio e, ao mesmo tempo, evidenciar que apenas o seu conhecimento não é suficiente para compreender determinados aspectos da constituição das proteínas, sendo necessário ampliá-lo. Na parte I, por exemplo, sugerimos associar a formação do glúten a partir de algum tipo de atividade de sensibilização, como a manipulação de uma mistura de farinha e água. O trabalho tátil com a massa, as diferentes quantidades de água para formar a mistura e até mesmo o uso de melhoradores de farinha, são meios para que o estudante perceba, de forma concreta, como se dá a formação das cadeias de glúten e como isto confere à massa uma estrutura elástica e coesa. A partir da percepção do fenômeno é fundamental transitar para o nível representacional e discutir, de acordo com a Figura 2, a interação entre as cadeias de gliadina e glutenina na formação do glúten. Na parte II, professor e estudantes exploram como se dá a formação de uma proteína. A formação de uma cadeia peptídica, por exemplo, pode ser realizada a partir de uma das frações de aminoácidos que formam a gliadina, como glutamina, prolina, fenilalanina e tirosina. Neste sentido, sugerimos o trabalho de Francisco Junior e Francisco (2006) que, além do respaldo teórico, sugerem um experimento simples que auxilia na discussão de temas ligados à alimentação.

Como mencionamos anteriormente, em função do tamanho e do tipo de interação, as proteínas do glúten assumem diferentes formas no espaço, associadas ao nível conformacional de uma proteína. Esse estudo, na parte III, permite compreender a instabilidade das proteínas em diferentes condições. Diferentemente dos carboidratos e das gorduras, as proteínas podem desnaturar e modificar a sua estrutura quando expostas ao calor, ao sal, ao ar ou até mesmo aos ácidos (McGee, 2014). Por se tratar de algo que transita pelos níveis representacional e submicroscópico do conhecimento químico, sugerimos a atividade proposta por Correia *et al.*

(2004), que faz o uso de cliques coloridos e massa de modelar para representar a estrutura primária de uma proteína e suas interações. Ao associar a estrutura molecular de um aminoácido com uma determinada cor do clipe, analisam-se os grupos funcionais que podem interagir entre si e ligá-los por meio da massa de modelar, de modo a discutir a forma espacial de uma proteína.

Interpretação de rótulos de pães industrializados

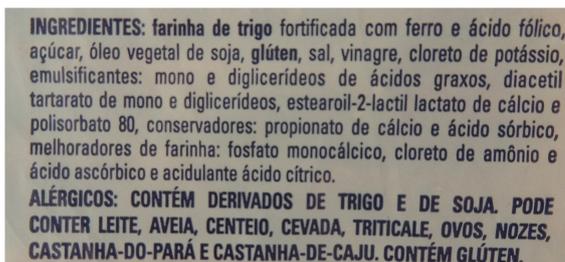
Tendo em vista a quantidade de alimentos industrializados que são ofertados e o fato de que a maioria dos pães que consumimos são produzidos pela indústria alimentícia, é importante desenvolvermos junto aos estudantes o hábito de leitura e interpretação dos rótulos desse tipo de alimento. A literatura apresenta algumas possibilidades nesse sentido, com enfoque no reconhecimento dos tipos de nutrientes presentes nos alimentos (glicídios, proteínas e lipídios), o teor calórico e o seu papel no organismo (Chassot *et al.*, 2005; Neves, Guimarães e Merçon, 2009; Cunha, 2018). Além de possibilitar uma interface com os conteúdos da química, esse tipo de atividade mostra como deve ser constituído um rótulo, com base nas especificações da ANVISA (2005). A lista dos ingredientes, origem, prazo de validade, conteúdo líquido (quantidade total de produto contido na embalagem), lote e a tabela nutricional são itens obrigatórios. Além disso, informações sobre conservantes, lactose, glúten e outras substâncias que são usadas na composição de alimentos

enlatados e processados são importantes para pessoas que apresentam algum tipo de doença, alergia ou intolerância a algum componente do alimento.

No intuito de dialogar com as recomendações do Guia Alimentar para a população brasileira, propomos uma atividade que tem como objetivo principal classificar o alimento com base no seu grau de processamento. Apresentamos, na Figura 5, rótulos de pães que podem ser adquiridos em supermercados e padarias.

No intuito de dialogar com as recomendações do Guia Alimentar para a população brasileira, propomos uma atividade que tem como objetivo principal classificar o alimento com base no seu grau de processamento. Apresentamos, na Figura 5, rótulos de pães que podem ser adquiridos em supermercados e padarias.

Tendo em vista a quantidade de alimentos industrializados que são ofertados e o fato de que a maioria dos pães que consumimos são produzidos pela indústria alimentícia, é importante desenvolvermos junto aos estudantes o hábito de leitura e interpretação dos rótulos desse tipo de alimento.



a) Pão de forma integral b) Pão de forma tradicional

Figura 5: Ingredientes encontrados em pães comercializados.

A Figura 5 apresenta a lista dos ingredientes que são utilizados na produção de cada tipo de pão. Essa lista, de acordo com as normas da ANVISA (2005), apresenta os ingredientes em ordem decrescente, ou seja, o primeiro ingrediente é aquele que está em maior quantidade e o último, em menor quantidade no produto. Seguem algumas sugestões para discussão em sala de aula: a ordem de apresentação dos ingredientes apresenta algum significado? O rótulo do alimento apresenta algum tipo de informação para pessoas que possuem alguma restrição alimentar? No rótulo do pão, há ingredientes que são produzidos pela indústria? Em caso afirmativo, cite dois exemplos e a sua função. Com base na classificação do Guia Alimentar, como podemos classificar os pães (a e b)?

Os questionamentos apresentados são sugestões para que o professor discuta em sala de aula o fato de que os pães comercializados, em sua maioria, são alimentos ultraprocessados (Quadro 1). Para fomentar as discussões e as reflexões acerca do impacto dos ultraprocessados em nossa alimentação, sugerimos resgatar do questionário o tipo de pão que geralmente é consumido pelos estudantes, para classificá-los com base no Guia Alimentar. Além disso, é interessante que os estudantes procurem discutir a experiência que eles possuem com esse alimento em particular. Trata-se de algo fundamental para que possamos perceber que a escolha por um determinado alimento não deve ser pautada apenas em função do teor calórico e dos nutrientes que o compõem, e sim pelo seu grau de processamento, uma vez que os ultraprocessados apresentam uma série de substâncias sintetizadas pela indústria e quantidades

maiores de sal, açúcar e gordura em sua formulação, o que tem contribuído para uma série de problemas de saúde, como hipertensão, sobrepeso e obesidade. Aliás, se compararmos os ingredientes dos pães representados na Figura 5, notamos que o pão de forma tradicional (b) apresenta em sua formulação açúcar e gordura vegetal hidrogenada, que o tornam mais calórico em relação ao pão de forma integral (a).

Considerações finais

Contemplar a feitura do pão de fermentação natural na escola é um meio para problematizar como as dimensões social, tecnológica e econômica moldaram ao longo do tempo a nossa relação com o preparo do alimento, deixando que essa atribuição fosse assumida cada vez mais pela indústria alimentícia. Nesse sentido essa temática é importante na busca de um ensino de Química que explore o diálogo com diferentes áreas do conhecimento, a vivência do estudante, que fomente o seu

processo reflexivo e que resulte na adoção de uma postura crítica e voltada para uma sociedade mais igualitária e que utilize os recursos naturais de forma sustentável.

Contemplar a feitura do pão de fermentação natural na escola é um meio para problematizar como as dimensões social, tecnológica e econômica moldaram ao longo do tempo a nossa relação com o preparo do alimento, deixando que essa atribuição fosse assumida cada vez mais pela indústria alimentícia.

241

Aroldo Nascimento Silva (arosilva32@gmail.com), licenciado em Química, mestre e doutor na área de Ensino de Ciências pela USP, atualmente é professor/pesquisador na área de Educação Química. São Paulo, SP – BR. **Fabiana Campacci Frísio** (fcfrisio@gmail.com), é licenciada e mestra na área de Educação pela UNESP, atualmente é professora na Secretaria Municipal de Educação. São Paulo, SP – BR.

Referências

ABESO. *Mapa da obesidade*. Disponível em: <https://abeso.org.br/obesidade-e-sindrome-metabolica/mapa-da-obesidade/>. Acesso em mai. 2020.

ANVISA. *Rotulagem nutricional obrigatória: manual de orientação aos consumidores*. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. Disponível: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/396679/manual_consumidor.pdf/e31144d3-0207-4a37-9b3b-e4638d48934b, acesso em jun. 2020.

ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Trad. I. Caracelli et al. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALAKIREVA, A. V. e ZAMYATNIN Jr., A. A. Properties of gluten intolerance: gluten structure, evolution, pathogenicity and detoxification capabilities. *Nutrients*, v. 8, 2016.

BIESIEKIERSKI, J. R. What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, n. 32 (suppl. 1), p. 78–81, 2017.

BRAIBANTE, M. E. F.; SILVA, D.; BRAIBANTE, H. T. S. e PAZINATO, M. S. A química dos chás. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 3, p. 168-175, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf, acesso em mai. 2020.

CAMARGO, L. M. *Pão nosso: receitas caseiras com fermento natural*. São Paulo: Editora Panelinha, 2013.

CERESINO, E. B. *Ligações cruzadas em proteínas do glúten aplicando transglutaminase de Streptomyces sp. CBMAI 1617 em massa de trigo e outros materiais*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

CHASSOT, A.; VENQUIARUTO, L. D. e DALLAGO, R. M. De olho nos rótulos: compreendendo a unidade caloria. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 10-13, 2005.

COOKED (Temporada 1, ep. 3). Alex Gibney. Estados Unidos: Netflix, 2016. Streaming (53 min.).

CORREIA, P. R. M.; DAZZANI, M.; MARCONDES, M. E. R. e TORRES, B. B. A bioquímica como ferramenta interdisciplinar: vencendo o desafio da integração de conteúdos no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 19, p. 19-23, 2004.

CUNHA, M. B. O glúten em questão. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 1, p. 59-64, 2018.

DIAS, P. C.; HENRIQUES, P.; ANJOS, L. A. e BURLANDY, L. Obesidade e políticas públicas: concepções e estratégias adotadas pelo governo brasileiro. *Cadernos de Saúde Pública*, n. 7, v. 33, 2017.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. e FRANCISCO, W. Proteínas: hidrólise, precipitação e um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 12-16, 2006.

JACOB, H. E. *Seis mil anos de pão*. Trad. J. M. Justo. São Paulo: Nova Alexandria, 2003.

MARCONDES, M. E. R. Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. *Revista em Extensão*, v. 7, 2008.

MC GEE, H. *Comida e cozinha: ciência e cultura da culinária*. Trad. M. B. Cipolla. 2ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2014.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

NEVES, A. P.; GUIMARÃES, P. I. C. e MERÇON, F. Interpretação de rótulos de alimentos no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 34-39, 2009.

NUPENS. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2019. Disponível em: <https://www.fsp.usp.br/nupens/o-que-e-o-guia-alimentar/>, acesso em mai. 2020.

POLLAN, M. *Cozinhar: uma história natural da transformação*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2014.

RIBEIRO, A. C. *Estudo estrutural da gliadina*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ROSA, N. A. e AFONSO, J. C. A química da cerveja. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 98-105, 2015.

SOARES, R. M. D. *Caracterização físico-química, morfológica e influência da reticulação em suspensões precursoras e biofilmes de gliadina*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.

KATZ, S. E. *A arte da fermentação: explore os conceitos e processos essenciais da fermentação praticados ao redor do mundo*. Trad. C. Yamagami. São Paulo: Tapioca, 2014.

VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; VANZETO, J. e DEL PINO, J. C. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: um estudo envolvendo a produção artesanal do pão. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 3, p. 135-141, 2011.

WARTHA, E. J. e FALJONI-ALARIO, A. A contextualização no ensino de Química através do livro didático. *Química Nova na Escola*, n. 22, p. 42-47, 2005.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L. e BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 84-91, 2013.

Abstract: *The chemistry of naturally fermented bread and the changes in our relationship with the preparation of this food.* In this paper we present the chemistry related to the manufacturing of naturally fermented bread and the impact of the fact that food industry took over the greatest part of its production and commercialization, particularly from the 19th Century Industrial Revolution onwards. By means of a contextualized approach, we propose possibilities for discussing this theme in high school to approach organic chemistry contents.

Keywords: bread, fermentation, chemistry teaching.

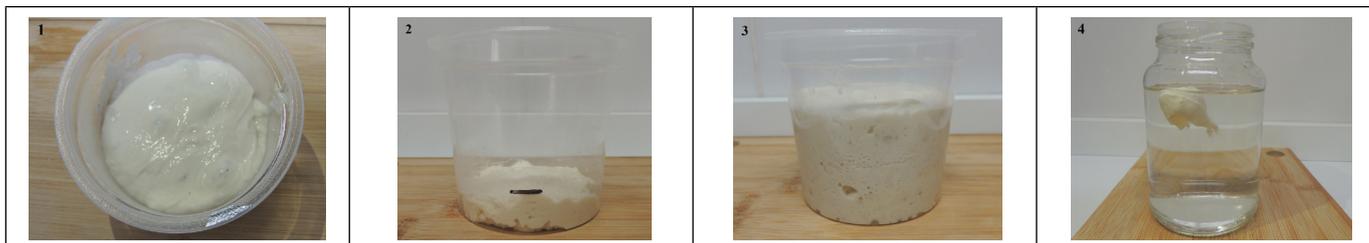
APÊNDICE I

Levantamento do conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema.

- Em seu dia a dia, você consome pão?
() Não. Por que?
() Sim. Qual?
- Você sabe quais são os ingredientes necessários para se fazer um pão?
() Não
() Sim. Quais?
- Você sabe fazer um pão?
() Não
() Sim. Como?
- Existe alguma diferença entre o pão feito em casa e o pão adquirido em padarias ou supermercados?
() Não
() Sim. Qual(is)?
- Na sua família há alguém que tem o hábito de fazer pão?
() Não
() Sim. Quem?
- Caso tenha respondido sim na questão anterior, converse com essa pessoa para saber como ela faz o pão e, em seguida, registre de forma sucinta as principais etapas do processo.
- Qual a importância do processo de fermentação e do seu controle na preparação do pão?
- Quais são os produtos da fermentação e o nome dos gases responsáveis pela expansão da massa?
- Você conhece o processo de fermentação natural?
() Não
() Sim. Como é?
- Quando você adquire um alimento industrializado, qual é o principal aspecto que você considera? Justifique.
a) Preço do produto.
b) Ingredientes.
c) Informações nutricionais.
d) Sabor.

APÊNDICE II

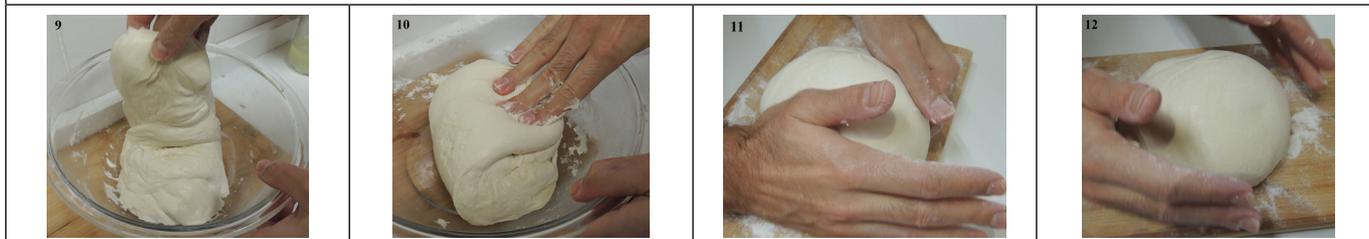
Algumas etapas envolvidas na preparação do pão de fermentação natural.



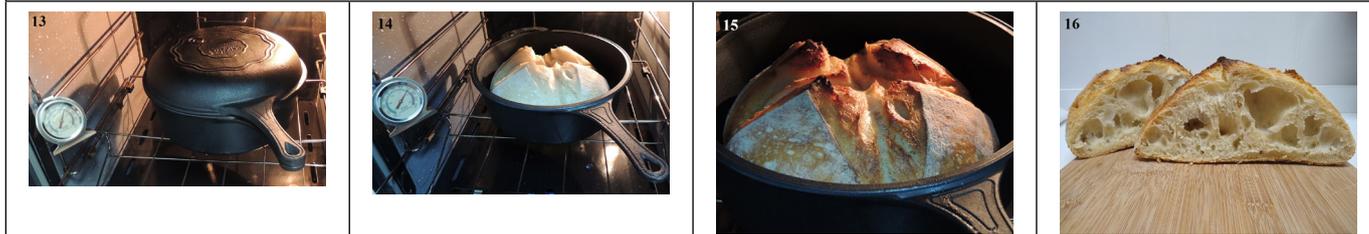
Fermento natural, nutrido com água e farinha. O aumento de volume, perceptível visualmente, ilustra a atividade das leveduras (2 e 3). Em 4, realiza-se o teste de flutuação com uma pequena porção do fermento. O fato da amostra flutuar indica que o fermento está ativo o suficiente para panificar.



Mistura dos ingredientes. Em 5, realiza-se a mistura de água mineral e farinha. Em 6, incorpora-se o fermento refrescado. Em 7, inicia-se o processo de sova para desenvolver as cadeias de glúten. Em 8, realiza-se a verificação do chamado ponto de véu, uma forma de verificar que as cadeias de glúten estão desenvolvidas, com elasticidade e coesão adequadas para a estrutura do pão.



Dobras e boleamento da massa. No decorrer da primeira fermentação, realizam-se dobras na massa para favorecer o desenvolvimento e as interações entre as proteínas do glúten (9 e 10). Ao final dessa etapa, realiza-se o boleamento da massa para dar forma ao pão (11 e 12). Essa etapa precede a segunda fermentação, realizada na geladeira.



Cocção do pão. Inicia-se o processo de cocção com a panela fechada para que ocorra a expansão da massa (13). Em seguida, retira-se a tampa para finalizar a cocção (14 e 15). Em 16, observa-se o miolo do pão, constituído de glúten e amido e as bolhas de gás que foram rompidas no forno, responsáveis pela textura e leveza adquirida pela massa.

Fonte: Elaborado pelos autores.