

Ação da enzima quimosina no leite: propondo um experimento simples e de baixo custo para o ensino de Bioquímica na disciplina de Biologia

Action of the chymosin enzyme in milk: proposing a simple and low-cost experiment for the teaching of Biochemistry in the Biology discipline

Acción de la enzima quimosina en la leche: proponiendo un experimento sencillo y de bajo costo para la enseñanza de la Bioquímica en la disciplina de Biología

Recebido: 04/07/2022 | Revisado: 26/07/2022 | Aceito: 27/08/2022 | Publicado: 04/09/2022

Tiago Maretti Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8971-0647>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: tiagobio1@hotmail.com

Resumo

A Bioquímica é uma área fascinante da Biologia, e se preocupa em estudar as interações das moléculas orgânicas e inorgânicas nos sistemas biológicos dos seres vivos. No entanto, é uma área complexa e dotada de muitos termos e processos, muito das vezes abstratos que podem ser um entrave para a contextualização dos discentes. Neste sentido, para superarmos tais obstáculos, este trabalho possui como principal objetivo facilitar e instigar a aprendizagem dos alunos na disciplina de Biologia no ensino médio na proposta de uma atividade experimental da ação enzimática da quimosina no leite, utilizando materiais simples e de baixo custo. Os alunos serão convidados a vivenciarem, discutirem e problematizarem junto com o professor, uma série de experimentos, permitindo contextualizar e aplicar o que foi aprendido nas aulas teóricas de Biologia, no que tange a Bioquímica, principalmente nos assuntos relacionados a proteínas, enzimas, desnaturação e fatores que afetam a sua eficiência catalítica. Além desses tópicos, será possível abordar com os discentes, o mecanismo da fabricação do queijo. Acreditamos que, a prática dessa atividade experimental possa desmistificar que a Bioquímica é uma área complexa, permitindo motivar e facilitar a aprendizagem dos alunos na temática proposta, além de promover a ótica da experimentação científica.

Palavras-chave: Bioquímica; Proteína; Aula prática; Ensino.

Abstract

Biochemistry is a fascinating area of Biology, and it is concerned with studying the interactions of organic and inorganic molecules in the biological systems of living beings. However, it is a complex area endowed with many terms and processes, often abstract, which can be an obstacle to the context of students. In this sense, in order to overcome such obstacles, this work has as main objective to facilitate and instigate the learning of students in the discipline of Biology in high school in the proposal of an experimental activity of the enzymatic action of chymosin in milk, using simple and low-cost materials. Students will be invited to experience, discuss and discuss with the teacher, a series of experiments, allowing to contextualize and apply what was learned in theoretical classes of Biology, regarding Biochemistry, especially in matters related to proteins, enzymes, denaturation and factors that affect its catalytic efficiency. In addition to these topics, it will be possible to discuss with students the mechanism of cheese making. We believe that the practice of this experimental activity can demystify that Biochemistry is a complex area, allowing to motivate and facilitate student learning in the proposed theme, in addition to promoting the perspective of scientific experimentation.

Keywords: Biochemistry; Protein; Practical classes; Teaching.

Resumen

La Bioquímica es un área fascinante de la Biología, y se ocupa de estudiar las interacciones de las moléculas orgânicas e inorgânicas en los sistemas biológicos de los seres vivos. Sin embargo, es un área compleja y dotada de muchos términos y procesos, muchas veces abstractos, que pueden ser un obstáculo para la contextualización de los estudiantes. En ese sentido, para superar tales obstáculos, este trabajo tiene como principal objetivo facilitar e instigar el aprendizaje de los estudiantes de la disciplina de Biología en la enseñanza media en la propuesta de una actividad experimental de la acción enzimática de la quimosina en la leche, utilizando métodos simples y materiales de bajo costo. Se invitará a los estudiantes a experimentar, discutir y problematizar junto con el docente, una serie de experimentos, que permitan contextualizar y aplicar lo aprendido en las clases teóricas de Biología, respecto a la Bioquímica, especialmente en temas relacionados con proteínas, enzimas, desnaturalización y factores que afectan. su

eficácia catalítica. Além de estes temas, será possível discutir com os estudantes o mecanismo de elaboração do queijo. Creemos que a prática de esta atividade experimental pode desmitificar que a Bioquímica é um área complexa, permitindo motivar e facilitar o aprendizado de los estudantes em el tema proposto, además de promover la perspectiva de la experimentación científica.

Palabras clave: Bioquímica; Proteína; Clase práctica; Docencia.

1. Introdução

Segundo Nature (2022), a Bioquímica é a área da Biología que se preocupa em estudar a estrutura e o funcionamento e as interações das moléculas biológicas, tais como as proteínas, os ácidos nucléicos, carboidratos e lípidios. Assim, a Bioquímica é uma área de grande importância e aplicações no nosso cotidiano, estando presente na medicina, agricultura, nutrição e na indústria (Nelson & Cox, 2014).

Dentro da disciplina de Biología, no ensino médio, a Bioquímica detém uma grande quantidade de termos e processos, estes muito das vezes abstratos sendo de difícil contextualização pelos os alunos. Segundo Duré, Andrade e Abílio (2018), a Bioquímica constitui-se uma das áreas mais rejeitadas dentro da Biología, pois além de possuir tópicos complexos, existe uma grande dificuldade dos estudantes em associá-la com as vivências que ocorrem no seu cotidiano. Segundo Gonçalves (2021a), para superarmos tais obstáculos, é de grande importância a utilização de metodologias de ensino alternativas, com a potencialidade de facilitar o processo norteador do ensino e da aprendizagem dos alunos, e uma dessas metodologias são as aulas experimentais.

De acordo com Krasilchik (2004), as aulas experimentais possuem um lugar único e de grande papel na Biología, pois serve como meio dos alunos terem contato com fenômenos científicos, permitindo a observação de seres vivos, manipulando materiais e equipamentos disponíveis em sala. A autora também destaca, que esse tipo de abordagem, permite aos alunos interpretar resultados, se deparando com situações não previstas.

Assim, é defendido que:

As aulas experimentais são essenciais para que os alunos tenham um aprendizado eficiente e estruturado em diversos cursos, principalmente na área das Ciências e Biología, pois somente neste tipo de aula os alunos utilizam os materiais, manuseiam equipamentos, presenciam fenômenos e organismos que podem ser observados a olho nu ou com a ajuda de microscópios. Além disso, nas aulas práticas, os alunos avaliam resultados, testam experimentos e, assim, exercitam o raciocínio, solucionam problemas e são estimulados ao desafio (Berezuk & Inada, 2010, p. 207).

Já, ao aluno, com a prática de aulas experimentais:

capacita-o a familiarizar-se com equipamentos, a explicar problemas, a compreender conceitos básicos, a construir o conhecimento e a participar da investigação científica. Ou seja, essa relação propicia a unidade teoria-prática; consolida conhecimentos aprendidos em sala de aula; confirma explicações orais, tornando-as mais reais e concretas; ilustra o que foi exposto, discutido e/ou lido; desperta os sentidos, uma vez que o estudante não só vê o que está acontecendo, como também escuta o barulho feito pelo uso dos instrumentos, sente o cheiro de produtos químicos, percebe transformações biológicas, etc.; aplica técnicas de trabalho com o auxílio de ferramentas, instrumentos, equipamentos e materiais diversos e desenvolve habilidades psicomotoras necessárias à resolução de problemas do cotidiano e do trabalho; melhora o rendimento no aprendizado dos conteúdos pelos alunos e, também, desenvolve maior interesse pela disciplina (Ventura et al., 2011. p. 16,17).

As aulas experimentais também promovem o ensino da experimentação científica no ato de proposição de hipóteses e interpretação e conclusão dos resultados observados (Catelan & Rinaldi 2018). Assim, segundo, Wesendonk e Terrazzan (2020, p. 40), “a experimentação é parte integrante de qualquer processo de produção de conhecimento nas Ciências Naturais; portanto, faz parte da construção e evolução dessa área do conhecimento e deve estar presente em atividades relacionadas à Educação/Ensino de Ciências”.

No entanto, ainda é pouco comum, a utilização desse tipo de modalidade didática dentro do ensino de Ciências e Biologia aos alunos do ensino médio. Nesse pensamento:

embora, a importância das aulas práticas sejam amplamente reconhecida, na realidade elas formam uma parcela muito pequena dos cursos de biologia, porque segundo os professores, não há tempo suficiente para a preparação do material, falta-lhes segurança para controlar a classe, conhecimento para organizar experiências e também não dispõem de equipamentos e instalações adequadas (Krasilchik, 2004, p. 89).

Para reforçar essa problemática, Marandino, et al., (2009), relatam que os docentes encontram uma certa dificuldade em aplicar aulas práticas no seu cotidiano em detrimento a cultura tradicional do ensino expositivo e, em segundo lugar, a vinculação ao ensino médio de exames nos quais inexistem a possibilidade de avaliação de caráter prático, uma vez que essas atividades não são testadas em exames de vestibulares. Somado a esses entraves, existe a escassez de recursos financeiros para a construção de laboratórios físicos ou a incapacidade de manutenção, por estes possuírem materiais de alto custo, inviabilizando assim sua prática (Gonçalves, 2021b). Neste sentido, segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, INEP (2019), apenas 38,8% das escolas de ensino médio da rede pública possuem laboratórios de Ciências e Biologia para a realização de aulas práticas. Dessa maneira, a proposta experimental deste trabalho se justifica e pode ser de grande impacto no processo de ensino e aprendizagem aos alunos. Uma vez que, por utilizar materiais simples e de baixo custo, poderá permitir a vivência da experimentação prática.

Na atual situação caótica na qual vivemos, em detrimento da pandemia do novo coronavírus (Sars-CoV-2), os autores Sá e Lemos (2020) enfatizam que as aulas presenciais foram substituídas por aulas remotas, devido à amplificação da pandemia e foram necessários implementar tecnologias digitais para ministrar as aulas. Desse modo, a aula prática proposta neste artigo pode ser realizada no modelo virtual de ensino, potencializando a aprendizagem dos discentes que, após demonstração do professor, os próprios alunos poderão replicar os experimentos em suas casas, validando os resultados.

Nessa perspectiva, o presente trabalho, possui como principal objetivo facilitar e motivar a aprendizagem dos alunos do ensino médio na disciplina de Biologia, mais precisamente dentro da área da Bioquímica, no que tange a ação da enzima quimosina no leite, permitindo ao docente, abordar com os alunos assuntos sobre proteínas, enzimas e nos fatores que possam interferir na sua ação catalítica, podendo também ser abordado sobre a desnaturação.

2. Metodologia

A proposta experimental do presente artigo, é um trabalho com resultados qualitativos de cunho didático (Pereira et al. 2018). Em sequência, estão descritos os materiais, e os procedimentos experimentais para a condução da aula prática proposta. É sugerido um total de pelo menos duas aulas de 50 minutos cada, para a realização da atividade aos alunos do primeiro ano do ensino médio. Vale a pena ressaltarmos, que a presente atividade, também pode ser ministrada aos alunos de nível Superior dos cursos de Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) adaptando-se assim o conteúdo de maneira mais aprofundada, com as discussões realizadas pelo professor.

2.1 Materiais necessários para condução da atividade prática

- 500 ml de leite não fervido (crú) integral mantido em temperatura ambiente;
- 1 unidade de enzima quimosina líquida (facilmente adquirida em supermercados);
- 5 copos ou pequenos potes com capacidade de 50 ml;
- 1 copo graduado;
- 1 seringa de plástico de 5 ml (facilmente adquirida em farmácias);

- Termômetro culinário (facilmente adquirido em lojas de variedades);
- 1 unidade de Vinagre (ácido acético);
- 1 cronômetro;
- 1 caneta marcadora permanente;
- Geladeira ou gelo;
- Fogão ou micro-ondas;
- Vasilha para fervura até o ponto de ebulição do leite.

2.2 Condução da atividade prática

Identificar com o uso de uma caneta marcadora permanente os copos que irão conter os tratamentos da atividade experimental. No copo identificado como número 1, será o nosso controle da reação, e deverá ser adicionado 40 ml de leite cru, ou seja, sem estar fervido. No copo número 2, será o tratamento do efeito da fervura (calor). Nesse tratamento, ferver 40 ml de leite no fogão ou micro-ondas, no ponto que o mesmo possa entrar em ebulição, ou seja em 100°C. Nessa etapa, ressaltar aos alunos para pedirem auxílio a um adulto, pois o fogo poderá causar queimaduras. Após a fervura, adicionar no copo número 2 com o auxílio da seringa de 5 ml, um total de 3 ml de quimosina. No copo 3 (tratamento ideal para reação enzimática da quimosina), aquecer no fogão, ou no micro-ondas por alguns segundos um total de 40 ml de leite cru, e com o auxílio de um termômetro culinário, aferir sua temperatura. A temperatura deve estar em torno de 36°C, sendo esta, ótima para a realização desse tratamento experimental. Após aferida a temperatura, adicionar no copo aquecido de leite, um total de 3 ml de quimosina. No copo 4 (tratamento do efeito do pH), reservar 40 ml de leite cru e adicionar 10 ml de vinagre (Ácido acético) e 3 ml de quimosina. No último tratamento, o copo 5 (efeito de baixas temperaturas), colocar 40 ml de leite cru e adicionar cerca de 3 ml de quimosina. Deixar todos os tratamentos em descanso por cerca de 40 minutos. Decorrido esse tempo, observar todos os tratamentos e anotar no caderno, os fenômenos ocorridos, comparando os resultados com o controle do experimento (copo 1). No quadro abaixo, está disposto de maneira sucinta a legenda e as composições dos tratamentos utilizados nessa aula prática.

Quadro 1. Legenda e composição dos tratamentos preparados.

Legenda dos tratamentos	Composição dos tratamentos
Copo 1 (Controle)	40 ml de leite cru (temperatura ambiente).
Copo 2 (Efeito de altas temperaturas)	40 ml de leite cru fervido à 100°C + 3 ml de quimosina. Descansar por 40 minutos em temperatura ambiente.
Copo 3 (Ideal para reação enzimática)	40 ml de leite aquecido na temperatura de 36°C + 3 ml de quimosina. Descansar por 40 minutos em temperatura ambiente.
Copo 4 (Efeito do pH)	40 ml de leite cru (temperatura ambiente) + 10 ml de vinagre (Ácido acético) + 3 ml de quimosina. Descansar por 40 minutos em temperatura ambiente.
Copo 5 (Efeito de baixas temperaturas)	40 ml de leite cru + 3 ml de quimosina. Manter em geladeira por 40 minutos.

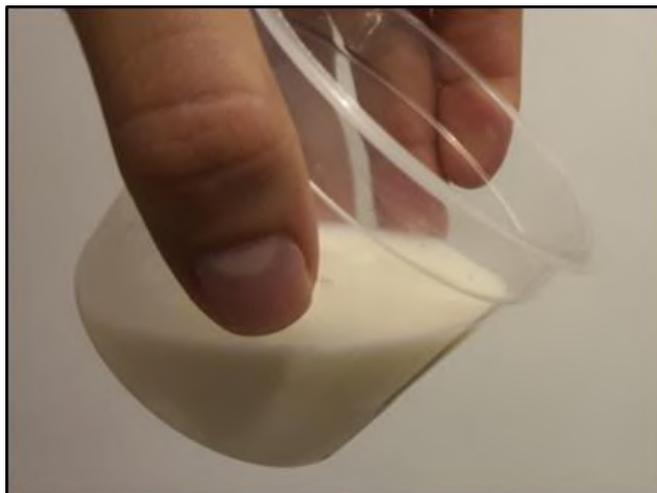
Fonte: Autores (2022).

3. Resultados e discussão

No copo 1 (Figura 1), está evidenciado o controle do experimento. Nesse tratamento, pode ser observado que nada ocorreu, uma vez que isso já era esperado, ou seja, o leite permaneceu com as características originais, sem nenhuma alteração,

mostrando-se coloração branca e uniforme. Inicialmente deve ser explicado aos alunos, a importância da existência de um tratamento controle nos experimentos científicos. Esse tratamento, não possui nenhuma intervenção experimental, sendo aquele que possui um tratamento padrão ou outro tratamento aplicado (Amatuzzi et al., 2006). Assim, sua importância está no fato do pesquisador poder ter um padrão para permitir comparar os resultados obtidos ao longo da pesquisa, dando ao experimento maior confiabilidade, rigor científico e resultados mais confiáveis.

Figura 1. Copo 1 (Tratamento controle). Observar a aparência branca e uniforme do leite na qual nenhuma reação foi observada.



Fonte: Autores (2022).

No copo 2 (Figura 2), está evidenciado o tratamento do efeito de altas temperaturas. Nesse tratamento, pode ser observado no experimento que mais uma vez nada ocorreu. Comparando esse tratamento com o controle do experimento (Figura 1), pode-se observar o mesmo aspecto, ou seja, o leite permaneceu com coloração branca e com aparência homogênea.

Figura 2. Copo 2 (Tratamento do efeito de alta temperatura). Desnaturação da enzima quimosina pelo calor. Observar a aparência desse tratamento sendo a mesma do controle do experimento, ou seja, o leite permaneceu com coloração branca e uniforme.



Fonte: Autores (2022).

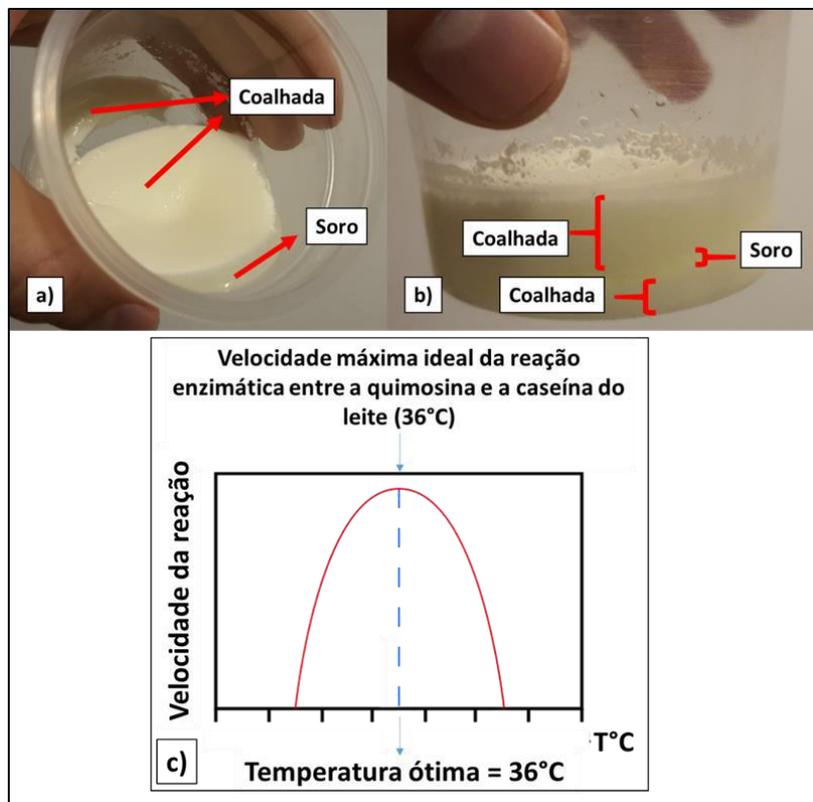
O professor deve explicar aos alunos que ao proceder a fervura do leite até a temperatura de 100°C, e logo após isso, adicionar-se a enzima quimosina, a mesma irá desnaturar-se, perdendo sua função, em detrimento a ocorrência da alta temperatura do meio. Segundo Paula, et al., (2009), as enzimas do coalho, responsáveis pela coagulação do leite, atuam bem a uma temperatura de 40 a 42°C. Assim, como necessitamos tanto da ação dos microrganismos como das enzimas do coalho, a temperatura de coagulação deve ser regulada entre 32 e 35°C, temperaturas acima dessa faixa, podem desnaturar a enzima quimosina. No entanto, no presente experimento, utilizamos a temperatura do leite em torno de 36°C, e a coagulação ocorreu sem nenhum problema. É interessante ressaltarmos que, não somente a quimosina, mas como toda enzima, possuem uma temperatura ótima para realizar sua função catalítica. A principal função da enzima quimosina que é uma protease, é interagir com a proteína denominada caseína do leite, realizando sua proteólise, permitindo então que ocorra a precipitação do leite, formando o coalho e o soro.

Segundo Paula, et al., (2009), a coagulação enzimática do leite ocorre por meio da modificação da micela de caseína, por meio de quebras de ligações peptídicas pela enzima empregada (coagulante), e os íons cálcio irão agregar essas micelas alteradas. Assim, segundo os autores, a coalhada formada adquire um aspecto gelatinoso, ocupando um volume igual o do leite utilizado no processo. Nesse sentido, em aspectos gerais, é dessa maneira que ocorre a fabricação do queijo, chamado de “coalhada”. Esse processo é chamado de “coagulação enzimática”, pois o coagulante é uma enzima (como exemplo, a quimosina), sendo uma proteína com propriedades singulares (Silva, 2016).

Em altas temperaturas, como ocorreu no controle 2 do experimento, a enzima quimosina não conseguiu realizar sua função catalítica, pois a mesma desnaturou-se, perdendo sua forma e sua função. Assim, o leite permanece inalterado, com o mesmo aspecto do controle experimental (Figura 1). A desnaturação das proteínas é um assunto de grande importância que deve ser comentado pelo professor aos alunos. Segundo Harvey e Ferrier (2012), a desnaturação proteica resulta no desdobramento e na desorganização das estruturas secundária e terciária das proteínas, sem ocorrer necessariamente, a quebra das suas ligações peptídicas. Segundo os autores, diversos fatores como: o calor, solventes orgânicos a agitação mecânica, ácidos ou bases fortes, detergentes e íons de metais pesados como o chumbo e o mercúrio podem promover a desnaturação das proteínas. No caso do tratamento 2, o efeito do calor afeta a ruptura das ligações de hidrogênio internas (Nelson & Cox, 2006) da enzima quimosina (adicionada ao leite fervente), essa enzima então, em contato com o calor perderá sua forma, e também sua função. Assim, segundo Campbell (2000), o calor, é uma fonte que promove um aumento de temperatura, permitindo que vibrações ocorram no interior da molécula, destruindo a estrutura terciária dessa proteína. Então, a proteína, ou enzima que antes estava ativa, fica inativa em detrimento a desnaturação pelo calor empregado (Campbell, 2000).

No copo 3 (Figura 3a e 3b), está evidenciado o tratamento experimental ideal para reação enzimática da quimosina no leite. Nesse tratamento, a temperatura ótima para ocorrer reação entre a enzima quimosina e a caseína do leite foi alcançada. A enzima quimosina em 36°C, hidrolisou a proteína caseína do leite, formando-se assim o coalho (massa branca ou coalhada), separando-se assim da parte aquosa do leite, o soro (Figura 3a e 3b). Segundo dados da literatura, o soro do leite, contém proteínas, lactose, minerais (cálcio, fósforo, magnésio, zinco), vitaminas, e traços de gordura (Santin, 2020). Nessa parte do experimento, o professor deverá chamar a atenção dos alunos sobre os aspectos que influenciam a eficiência da ocorrência das reações enzimáticas. A temperatura ótima, o pH, e até mesmo outro fator como a concentração do substrato, podem influenciar a atividade das enzimas nos sistemas biológicos. No caso do experimento proposto, no tratamento número 3, a temperatura ótima para a enzima quimosina realizar sua função catalítica é em torno de 36°C, assim, deve ser ressaltado pelo professor que cada enzima possuirá sua temperatura ótima de reação, podendo ser um valor mais baixo, ou mais alto, a depender de sua natureza bioquímica. Para enriquecer a discussão dessa parte do experimento, o professor poderá esboçar na lousa um gráfico que evidencia a temperatura ótima para a enzima quimosina em relação a sua velocidade máxima de reação (Figura 3c).

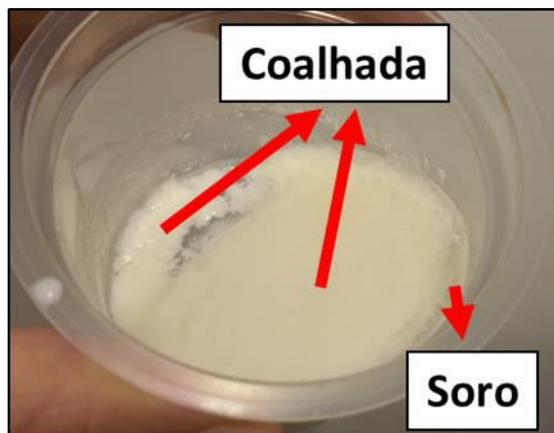
Figura 3. Copo 3 (Tratamento ideal para reação enzimática entre a quimosina e a caseína do leite). a) e b) observar a formação do coalho ou coalhada (massa branca sólida precipitada) em detrimento da ação proteolítica da quimosina sobre a caseína do leite, e a parte aquosa é o soro do leite. c) Gráfico que evidencia a temperatura ótima de 36°C para a velocidade máxima de reação da enzima quimosina.



Fonte: Autores (2022) e gráfico da letra c) Adaptado de Wikimedia Common (2022). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Effect_of_pH_on_enzymes.svg

No copo 4 (Figura 4), está evidenciado o tratamento experimental do efeito da variação de pH leite, em detrimento da adição de vinagre (ácido acético). Neste sentido, como pode ser visualizado na figura, ocorreu a formação de um precipitado (coalhada) e do soro do leite. Explicar aos alunos que a formação do precipitado (coalhada), ocorreu pela desnaturação da proteína caseína do leite pela variação brusca de pH do meio (acidificação) pelo vinagre adicionado. Segundo Campbell (2000), o fator de alterações do pH, além da variação de temperatura podem causar a desnaturação das proteínas. No caso de extremos de pH, tanto altos quanto baixos, pelo menos algumas cargas da proteína estão faltando e, desse modo, as interações eletrostáticas que normalmente estabilizariam a forma funcional nativa da proteína estão reduzidas de maneira drástica, levando a desnaturação da proteína. No experimento do copo 3, pode-se observar que, quando uma quantidade suficiente de ácido é produzida, a principal proteína do leite (caseína) coagula no seu ponto isoelétrico (pH 4,6), dando origem a um gel que prende a gordura e a fase aquosa. Assim, a enzima quimosina não entrará em ação nesse tratamento, pois a mesma, necessita de uma temperatura ideal em torno de 36°C, e quem é responsável pela formação da coalhada, é o ácido acético (vinagre) desnaturando a proteína caseína do leite pela variação brusca do pH (Figura 4).

Figura 4. Copo 4 (Tratamento do efeito do pH). Desnaturação da caseína do leite em detrimento a variação brusca de pH ocasionada pela adição do vinagre no leite. Observar a formação do precipitado (coalhada) e do soro do leite.



Fonte: Autores (2022).

Por fim, no último copo, o copo 5 (Figura 5), está evidenciado o tratamento experimental de baixas temperaturas (mantido na geladeira). Nesse tratamento, não ocorreu nenhuma reação, pois a enzima quimosina necessita estar em uma temperatura em torno de 36°C, para ocorrer com eficiência a reação química da quebra da caseína do leite. Assim, como pode ser comparado com o copo 1 (tratamento controle), o leite permaneceu com coloração branca, e com aspecto homogêneo líquido.

No fim da atividade prática proposta, o professor poderá sugerir aos alunos uma lista de exercícios para resolução e discussão, acerca da aula experimental abordada, com o intuito de potencializar a aprendizagem dos alunos e sanar possíveis dúvidas. Também seria de grande relevância, propor aos alunos a confecção de um relatório, abordando todos os resultados obtidos na aula prática. Em um próximo encontro, poderá ser feito uma rodada de discussões acerca dos temas trabalhados na aula experimental principalmente no que tange a Bioquímica (proteínas e enzimas).

Figura 5. Copo 5 (Tratamento do efeito de baixas temperaturas - geladeira). Observar a aparência desse tratamento sendo a mesma do controle do experimento, ou seja, o leite permaneceu com coloração branca e uniforme.



Fonte: Autores (2022).

4. Conclusão

A abordagem experimental proposta no presente artigo, se desponta como um recurso de grande impacto no processo norteador de ensino e aprendizagem, uma vez que essa metodologia de ensino permite aliar a teoria na prática, além de motivar os alunos e facilitar sua aprendizagem nos tópicos trabalhados. Ademais, a prática de aulas experimentais permite desenvolver no aluno o interesse pela ciência e formulação e resposta de hipóteses.

Como perspectivas futuras, o docente poderá propor aos alunos outros experimentos práticos utilizando materiais simples e de baixo custo dentro da temática da Bioquímica na Biologia, como por exemplo, a ação de enzimas proteolíticas em alimentos do cotidiano obtidas a partir de frutas tropicais como a bromelina (abacaxi), papaína (mamão) e actinidina (Kiwi) (Gonçalves, 2021b; 2021c).

Agradecimentos

O autor agradece a Revista Research, Society and Development (RSD) pela publicação, e os revisores que contribuíram para a correção e pelas sugestões valiosas do presente artigo.

Referências

- Amatuzzi, M. L. L., Barreto, M. C. C., Litvoc, J., & Leme, L. E. G. (2006). Linguagem metodológica: parte 1. *Acta Ortopédica Brasileira*, 14(1), 53-56. <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-78522006000100012>
- Gonçalves, T. M. (2021a). A guerra imunológica das células contra os patógenos: a proposta de um modelo didático tridimensional de baixo custo para simulação da resposta imune celular mediada por linfócitos T CD8⁺. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 4854-4860. <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/download/23099/18554>
- Gonçalves, T. M. (2021b). Ensinando Biologia em tempos de pandemia: um laboratório caseiro com materiais simples e de baixo custo para a simulação da digestão de proteínas. *Revista Educação Pública*, 21(5), 1-6. <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/5/ensinando-biologia-em-tempos-de-pandemia-um-laboratorio-caseiro-com-materiais-simples-e-de-baixo-custo-para-a-simulacao-da-digestao-de-proteinas>
- Gonçalves, T. M. (2021c). A practical class proposal to facilitate the teaching of Biochemistry: Identifying the proteolytic action of tropical fruits and meat tenderizer. *Research, Society and Development*, 10(6), <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6>
- Berezuk, P. A., & Inada, P. (2010). Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, 32(2), 207-215, 2010. <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/6895/6895>
- Capmbell, M. K. (2000). *Bioquímica*. (3ª edição). ARTMED, 751p.
- Catelan, S. S., & Rinaldi, C. (2018). A atividade experimental no ensino de ciências naturais: contribuições e contrapontos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(1), 306-320. https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID474/v13_n1_a2018.pdf
- Duré, R. C., Andrade, M. J. D., & Abílio, F. J. P. (2018). Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano? *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(1), 259-272. https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf
- Harvey, R. A., & Ferrier, D. R. (2012). *Bioquímica Ilustrada*. (5ª edição). ARTMED, 528p.
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP (2019). *Dados do censo escolar*. http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-censo-escolar-noventa-e-cinco-por-cento-das-escolas-de-ensino-medio-tem-acesso-a-internet-masapenas-44-tem-laboratorio-de-ciencias/21206
- Krasilchik, M. (2004). *Prática de Ensino de Biologia*. (4ª edição): EDUSP, 199p.
- Marandino, M.; Selles, S. E., & Ferreira, M. S (2009). *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. 1ª edição. São Paulo: Cortez Editora, 215p.
- Nature. (2022). *Biochemistry* <https://www.nature.com/subjects/biochemistry>
- Nelson, D. L., & Cox, M. M (2008). *Princípios da Bioquímica de Lehninger*, (4ª edição). Sarvier, 1202p.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M (2014). *Princípios da Bioquímica de Lehninger*. (6ª edição): ARTMED, 1328p.
- Paula, J. C. J., Carvalho, A. F., & Furtado, M. M. (2009). Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. *Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"*, (367/368), 64: 19-25, <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/76/82>
- Pereira A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM. https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf

Sá, E. P. B., & Lemos, S. M. A. (2020). Aulas Práticas de Biologia no Ensino Remoto: Desafios e Perspectivas. *Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia*. 14(53), 422-433. <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/2874>

Santin, J. (2020). *Soro do leite: o que é e benefícios para a saúde*. Giro de notícias <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/beneficios-do-soro-do-leite-para-a-saude-18419n.aspx>

Silva, F. T. (2016). Queijo Minas Frescal. (2ª ed.): Embrapa Informação Tecnológica, <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165351/1/AG-FAMILIAR-Queijo-minas-2ed-LR.pdf>

Ventura, F. C., Gomes, G., Oliveira, K. B., Prado, M. R. M., Da Silva, N. R. R., & Maciel, R. A. M. (2011). *Experimentos biológicos: a prática do cotidiano*. Natal: IFRN, 98p. <https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/1086>

Wikimedia Common (2022). Efeito do pH nas enzimas. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Effect_of_pH_on_enzymes.svg

Wesendonk, F. S., & Terrazzan, E. A. (2020). Condições acadêmico-profissionais para a utilização de experimentações por professores de física do ensino médio. *ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*. 10(1), 39-55. <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v10i1.2754>