

Valorização do conhecimento popular: detecção da enzima catalase na Mandioca-de-mesa (*Manihot esculenta* Crantz) como estratégia para o ensino de Bioquímica

Valuing popular knowledge: detection of the catalase enzyme in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) as a strategy for teaching Biochemistry

Tiago Maretti Gonçalves^{1*}, Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi².

RESUMO

A mandioca-de-mesa (*Manihot esculenta* Crantz) é uma raiz tuberosa popularmente consumido no Brasil, servindo como fonte alimentícia e econômica para as populações, de norte ao sul do país. O presente artigo tem como objetivo apresentar uma metodologia didática utilizando a mandioca como matéria prima para o ensino de Bioquímica. A proposta didática consiste na detecção da atividade enzimática da catalase presente na mandioca-de-mesa, submetida sob diferentes parâmetros. A proposta busca facilitar e motivar a aprendizagem dos alunos e pode ser utilizada tanto no ensino básico, quanto universitário, possibilitando a contextualização e valorizando os conhecimentos populares dos discentes. Os alunos poderão perceber que essa enzima presente na mandioca, nas organelas dos peroxissomos, possui um importante papel de detoxificação das células, transformando o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) que é nocivo, em produtos não danosos como os íons hidrogênio, o gás oxigênio e calor (reação exotérmica). A atividade proposta, também permite ser trabalhado outros aspectos da Bioquímica, como é o caso do efeito de altas temperaturas (cozimento) e o fator de alteração de pH (HCl – Ácido Clorídrico) alterando a natureza catalítica funcional da enzima catalase, que além de visualizados por meio do experimento, poderão ser simulados utilizando-se modelos didáticos manipulativos, com materiais simples e de baixo custo.

Palavras-chave: Catalase; Produtos Naturais; Experimentação; Modelos didáticos.

ABSTRACT

The Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a tuberous root popularly consumed in Brazil, serving as a food and economic source for the populations, from north to south of the country. This article aims to present a didactic methodology using cassava as a raw material for teaching Biochemistry. The didactic proposal consists of detecting the enzymatic activity of catalase present in cassava, submitted under different parameters. The proposal seeks to facilitate and motivate students' learning and can be used both in basic and university education, enabling contextualization and valuing students' popular knowledge. Students will be able to see that this enzyme present in cassava, in the organelles of peroxisomes, has an important role in cell detoxification, transforming harmful hydrogen peroxide (H₂O₂) into harmless products such as hydrogen ions, oxygen gas and heat (exothermic reaction). The proposed activity also allows other aspects of Biochemistry to be worked on, such as the effect of high temperatures (cooking) and the pH change factor (HCl - Hydrochloric Acid) altering the functional catalytic nature of the catalase enzyme, which in addition to visualized through the experiment, can be simulated using manipulative didactic models, with simple and low-cost materials.

Keywords: Catalase; Natural products; Enzyme; Experimentation; Didactic models.

¹Universidade Federal de São Carlos

*E-mail: tiagobio1@hotmail.com

² Universidade Federal de Amazonas

INTRODUÇÃO

O ensino de Bioquímica apresenta conteúdos considerados complexos e de difícil assimilação pelos alunos, desde o ensino básico até o universitário. Para tanto, diversas estratégias didáticas vêm sendo reportadas como alternativa para facilitar a compreensão e buscando melhorar a aprendizagem dos participantes desse cenário (SILVEIRA; ROCHA, 2016).

Entre as propostas didáticas, destacam-se a experimentação, uso de Tecnologia de Informação e Comunicação, ensino investigativo e outras metodologias ativas utilizadas dentro do ensino de bioquímica para o nível superior, e ensino de Ciências e/ou Biologia para o ensino básico.

Essas alternativas podem ser utilizadas tanto de forma isolada, quanto de uma forma integrativa, com propostas diversificadas e estratégias distintas. Segundo Silveira e Rocha (2016, p.17), “a comunidade brasileira de professores de Bioquímica vem mostrando um papel ativo no desenvolvimento de pesquisa no ensino, porém, de forma ainda discreta”. Solner *et al.* (2019) corroboram com essa informação citando a necessidade da realização de mais estudos referentes ao ensino de bioquímica na educação básica.

De forma paralela, o uso do conhecimento popular e valorização dos aspectos sociais e culturais dos alunos vem sendo reportado como uma estratégia interessante para facilitar a compreensão e aprendizagem significativa dos alunos. A Base comum Curricular Comum (BRASIL, 2018) cita a necessidade do ensino ser relevante para a formação do indivíduo de forma plena, contribuindo para o futuro da humanidade e fazendo-os refletir sobre seu papel no local em que estão inseridos e na sociedade como um todo.

O uso de conteúdos que consigam trazer o conhecimento prévio dos alunos se destaca como uma metodologia de ensino de grande impacto, uma vez que permite contextualizar na prática a teoria vivenciada em sala de aula (ALBUQUERQUE *et al.*, 2021). Além disso, isso permite que o docente possa mediar o processo de construção do conhecimento e o aluno torna-se ativo no ato de fazer Ciência, propondo e respondendo hipóteses, além de facilitar a aprendizagem de temas complexos, como é o caso da Bioquímica.

Na literatura, Krasilchik (2019), ressalta que o uso de metodologias diferenciadas é uma tarefa de grande lugar sendo insubstituível, tornando as aulas mais instigantes, reduzindo o déficit de atenção e potencializando a aprendizagem dos alunos.

No Brasil, antes mesmo da chegada dos povos lusitanos, tribos indígenas como os Tupi e Guarani, já plantavam e consumiam amplamente a mandioca, sendo um alimento de grande relevância (VIÉGAS, 1976), tanto em aspectos nutricionais como também no que tange ao conhecimento tradicional associado.

Botanicamente, a mandioca-de-mesa (*Manihot esculenta* Crantz), é uma planta dicotiledônea pertencente a família Euphorbiacea, popularmente conhecida como macaxeira, aipim, pão-de-pobre. Sua raiz tuberosa é uma importante fonte de amido, servindo como sustentáculo energético para mais de 700 milhões de pessoas em todo o planeta (EMBRAPA, 2022), sendo produzida principalmente por pequenos produtores (EL-SHARKAWY, 2004), em regiões equatoriais e tropicais do globo (de 20°N a 30°S) (LEFF, RAMANKUTTY, FOLLEY, 2004). Tanto sua parte aérea quanto suas raízes, são amplamente empregadas na alimentação animal. Além do uso nutricional na dieta humana, seu amido também é utilizado na indústria na fabricação de papel, cosméticos e até mesmo remédios (MANDIOCA: O PÃO DO BRASIL, 2005).

Na mandioca, assim como na maioria dos vegetais, animais e algumas bactérias, é relatado na literatura, a ocorrência de uma enzima, denominada catalase. A catalase é uma enzima de grande importância, pertencente a família das peroxidases, capazes de transformar o peróxido de Hidrogênio (H_2O_2), que é tóxico para as células, em produtos não danosos como a água, o gás oxigênio e calor. Nas células animais e vegetais, a enzima catalase é produzida nas organelas denominadas “peroxissomos”, estando presente em todo o vegetal, e nos animais ocorre em abundância no fígado (GONÇALVES, 2021a; 2021b; 2022.). Desta maneira, o uso da mandioca é uma alternativa simples e de baixo custo para ser utilizada como matéria prima no ensino de enzimas. O presente artigo tem como objetivo apresentar uma metodologia didática facilitadora utilizando a mandioca como matéria prima para o ensino de Bioquímica.

METODOLOGIA

Este trabalho visa facilitar e motivar a aprendizagem dos alunos e pode ser adaptada tanto para o ensino básico, Ensino Médio (1ª e 2ª séries) na disciplina de

Biologia, com a temática da ação da enzima catalase nas células, quanto no nível superior, na disciplina de Bioquímica. Proposta didática pode ser visualizada na tabela 1.

Tabela 1 - Ficha da atividade

| | | | |
|----------------------|--|---|------------------------------------|
| Conteúdo | Proteínas e enzimas | Uso de produtos naturais em Bioquímica | Visualização da enzima |
| Metodologia didática | Aula expositiva investigativa | Experimentação | Ludicidade |
| Conteúdos abordados | Conceitos gerais sobre enzimas, função e importância | Prática: Detecção da catalase na mandioca | Organização macroscópica da enzima |
| Duração | 60 minutos | 90 minutos | 60 minutos |

Fonte: Autores (2023).

AULA EXPOSITIVA INVESTIGATIVA

A aula investigativa visa apresentar conteúdos didáticos sobre macromoléculas, em especial, enzimas, norteando a situação em estudo e poderão evoluir para uma discussão mais aprofundada. O professor poderá mediar uma roda de conversa instigando a participação dos discentes e valorizando as informações repassadas por eles. A seguir são apresentadas as questões que podem ser utilizadas como ponto de partida (Quadro 1).

Quadro 1 - Questões norteadoras para o conteúdo de enzimas na mandioca.

| Questão | Objetivo |
|---|--|
| Você conhece mandioca? | Averiguar o conhecimento prévio dos discentes |
| Você saberia informar a importância da mandioca? | Promover uma reflexão sobre a importância da matéria prima para a região Amazônica |
| Você saberia informar as possibilidades de aplicação/uso da mandioca? | Incitar a discussão sobre o uso de cará roxo e as tecnologias envolvidas |
| Você sabe o que são enzimas? | Apresentar o conteúdo de enzimas |

Fonte: dados primários (2023).

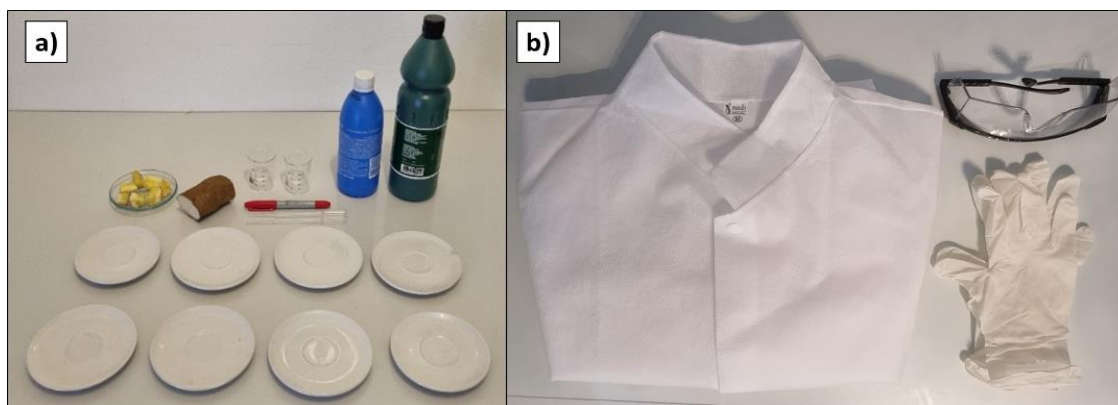
A partir das questões citadas, o professor abrirá espaço para que os alunos possam expor seus conhecimentos básicos, popular e as hipóteses. Após, pode-se ter uma explanação teórica sobre a importância do uso de raízes tuberosas e tubérculos para o Brasil e os constituintes presentes, incluindo as enzimas e sua importância.

AULA PRÁTICA EXPERIMENTAL

A seguir, estão dispostos os materiais utilizados para a condução da atividade experimental (Figura 1a). Vale a pena ressaltarmos que para proteção dos alunos e do docente, é indispensável o uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual), como o jaleco, óculos de proteção e luvas (Figura 1b).

- Mandioca-de-mesa crua descascada e cortada em cubos pequenos;
- Mandioca-de-mesa descascada e cozida, cortada em cubos;
- Faca sem ponta;
- 8 Pires ou copinhos descartáveis transparentes;
- Água oxigenada ou H₂O₂ ou Peróxido de Hidrogênio a 3% (facilmente adquirido em farmácias);
- Ácido Clorídrico (HCl), também denominado Ácido muriático - 30 a 33% (adquirido facilmente em lojas de produtos de limpeza);
- Caneta marcadora;
- Fogão;
- Panela de pressão;
- Luvas de proteção;
- Jaleco;
- Óculos de proteção.
- Conta-gotas, pipeta Pasteur ou seringa plástica de 5 mL (facilmente adquirida em farmácias).
- Dois potes pequenos para acondicionamento de parte da água oxigenada e do ácido clorídrico, que serão utilizados no experimento.
- Protocolo com questões para uso dos alunos (Anexo 1)
- Respostas esperadas das questões propostas para uso do professor (Anexo 2).

Figura 1 – a) Materiais utilizados e b) Equipamento de proteção individual (E.P.I), para uso dos alunos e do professor na condução da atividade experimental proposta.



Fonte: Autores (2023).

PROCESSAMENTO E COZIMENTO DA MANDIOCA

Com auxílio de uma faca, descascar a mandioca já lavada, cortando-a em pequenos cubos, reservando-os. A outra parte descascada e cortada em cubos, deverá ser submetida ao cozimento na panela de pressão. Essa parte, deve ser administrada em conjunto com o professor, ou um adulto responsável, evitando-se assim possíveis acidentes.

DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE PRÁTICA

Os tratamentos deverão ser montados e conduzidos conforme o quadro 2. O ácido clorídrico (HCl) e o Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂), deverão ser gotejados (3mL de cada um deles) por meio de uma seringa plástica, conta gotas, ou pipeta pasteur.

Deve-se ter um maior cuidado com o manuseio do ácido clorídrico por tratar-se de um ácido forte e que em contato com a mucosa, poderá provocar acidentes.

Ao término da montagem e condução dos tratamentos, deve-se sugerir aos alunos que observem e anotem os resultados no caderno, formulando hipóteses para os fenômenos observados. No tópico 5, é sugerida uma lista de exercício, que junto ao protocolo da atividade, será entregue aos alunos. As problematizações, discussões ao longo da aula realizada pelo docente aos alunos e a correção da lista de exercícios, irão promover o enriquecimento e consolidação da aprendizagem.

Quadro 2 – Composição dos tratamentos e condução da aula experimental proposta.

| Tratamentos | |
|---|--|
| Pires 1 – 3 mL de H ₂ O ₂ . | Pires 5 – 1 cubo de mandioca crua + 3 mL de H ₂ O ₂ . |
| Pires 2 – 1 cubo de mandioca crua. | Pires 6 - 1 cubo de mandioca cozida + 3 mL de H ₂ O ₂ . |
| Pires 3 – 3 mL de HCl. | Pires 7 - 1 cubo de mandioca crua + 3 mL de H ₂ O ₂ + 3 mL de HCl. |
| Pires 4 - 1 cubo de mandioca cozida. | Pires 8 - 1 cubo de mandioca cozida + 3 mL de H ₂ O ₂ + 3 mL de HCl. |

Fonte: Autores (2023).

LUDICIDADE

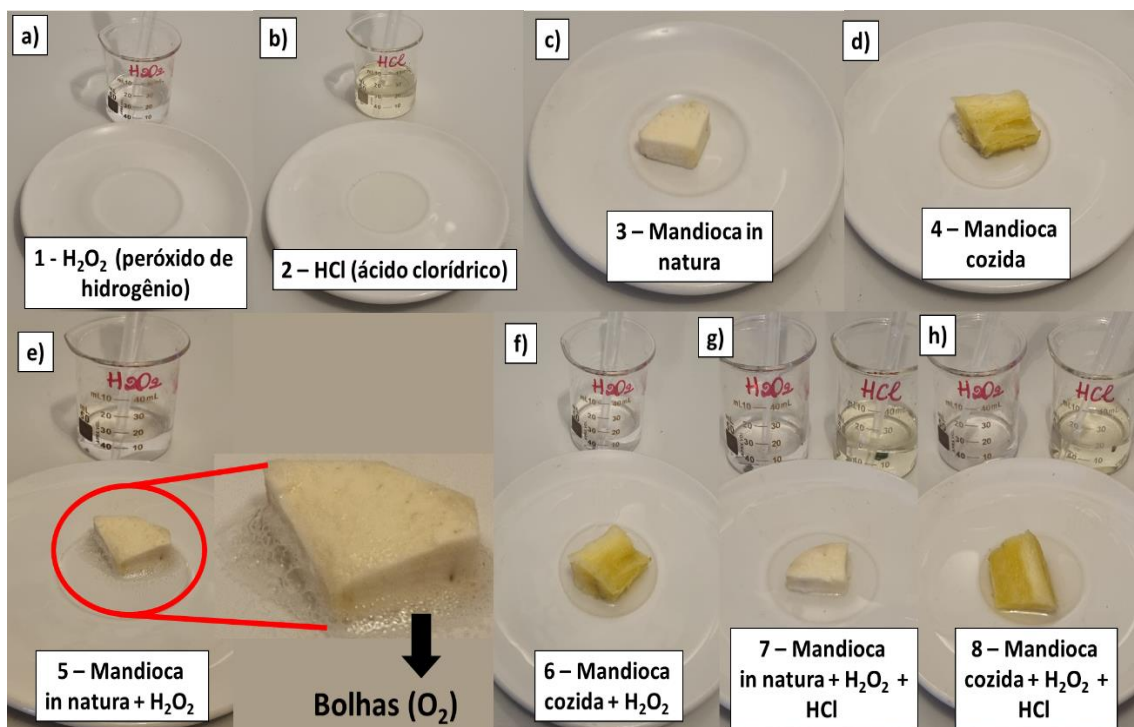
Para a explicação da estrutura molecular da enzima catalase da mandioca, bem como o efeito do calor e a alteração do pH na sua desnaturação, o professor poderá utilizar modelos didáticos, que poderão ser confeccionados por meio de materiais simples e de baixo custo, como a massinha de modelar colorida, palitos de dente, tinta acrílica, pincéis, papéis coloridos e uma fita identificadora de pH universal, Figuras 3, 4 e 5.

RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÕES NO ESCOPO DA BIOLOGIA

Na figura 2, estão dispostos os resultados esperados da aula experimental proposta. O que aconteceu em cada um dos tratamentos? Como resposta a essa questão, os tratamentos 1, 2 3 e 4, (Figura 2a, 2b, 2c e 2d) são o que é chamado de tratamento controle. O tratamento controle é aquele que não possui nenhuma intervenção, e têm como principal função a comparação dos resultados obtidos, resultando no experimento maior êxito e confiabilidade no momento de analisar as amostras (resultados). Dessa

forma, chamar a atenção dos alunos, sobre a importância da existência de tratamentos controle no experimento, o que irá resultar em resultados mais confiáveis.

Figura 2 – Resultados esperados da aula experimental proposta. Observar no tratamento número 5, o desprendimento de bolhas que é um dos produtos (oxigênio – O_2) da reação de decomposição da água oxigenada (H_2O_2) pela enzima catalase presente nas organelas dos peroxissomos nas células da mandioca.



Fonte: Autores (2023).

No tratamento número 5 (Figura 2e - mandioca in natura – crua + 3 mL de H_2O_2), é possível observar a ocorrência de borbulhas (bolhas). Explicar aos alunos que essas bolhas é o resultado da ação entre o substrato (H_2O_2) e a enzima catalase, existente no interior das organelas dos peroxissomos das células da mandioca. Nessa reação, por meio de duas moléculas de H_2O_2 , teremos a formação de duas moléculas de água e uma molécula de oxigênio. As bolhas que podem ser visualizadas nesse tratamento (Figura 2e), nada mais é do que esse gás (O_2) sendo desprendido para o meio externo. Deve ser alertado aos alunos, que essa reação química é exotérmica, liberando também um pouco de calor.

No tratamento número 6 (Figura 2f - mandioca cozida + 3 mL de H_2O_2), nada ocorreu. Explicar aos alunos que, pelo fato de ter realizado o cozimento da mandioca, ocorreu a desnaturação da enzima catalase presente nesse vegetal, alterando-se assim a

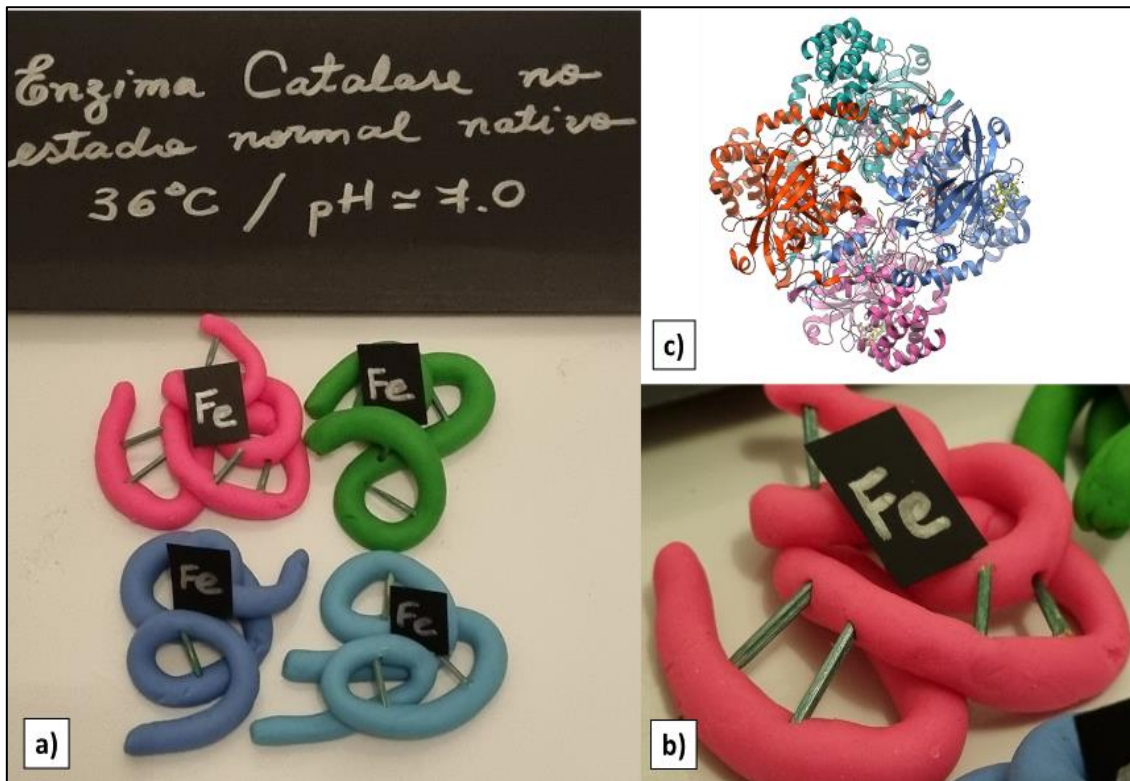
forma tridimensional da enzima, perdendo-se sua função. Nessa parte da aula, é importante explicar aos alunos sobre o processo de desnaturação das enzimas (proteínas). A desnaturação é a perda de função em detrimento da alteração da estrutura secundária, terciária e quaternária das proteínas. Nesse fenômeno, o calor irá “atrapalhar” a estrutura conformacional das proteínas, havendo a quebra (ruptura) de ligações químicas não covalentes como as ligações de hidrogênio, forças iônicas, pontes de dissulfeto e etc. Essa ruptura, leva a proteína (enzima) mudar sua conformação nativa, o que acarreta sua perda de função.

No tratamento número 7 (Figura 2g - mandioca in natura + 3 mL de H_2O_2 + 3ml de HCl) e 8 (Figura 2h - mandioca cozida + 3 mL de H_2O_2 + 3mL de HCl), não correram reações. A adição do HCl (ácido clorídrico), levou a uma variação brusca de pH do meio (tornando-o extremamente ácido) em ambos os tratamentos, o que desnaturou a enzima catalase presente nas células vegetais da mandioca, culminando na sua perda de função. Explicar aos alunos que o efeito da variação brusca de pH do meio, pela adição do ácido clorídrico, irá alterar a carga elétrica da enzima catalase, ocasionando a ruptura de ligações não covalentes (ligações de hidrogênio por exemplo), o que resultará na alteração conformacional dessa enzima, levando sua perda de função. Assim, no processo de desnaturação enzimática por meio do calor (altas temperaturas) e variações de pH (tanto ácidos como básicos), não ocorrerá a ruptura de nenhuma ligação peptídica, mas sim das ligações covalentes intracadeia da proteína.

Para melhor explicar esse fenômeno aos alunos, sugere-se a utilização de modelos didáticos manipulativos, construídos por meio de materiais simples e de baixo custo. Inicialmente, o professor irá simular a conformação normal nativa da enzima catalase, como sendo formada por um tetrâmero enovelado, possuindo na sua estrutura quaternária composta de quatro cadeias polipeptídicas e íons de Ferro (Figura 3), estes capazes de auxiliar na decomposição da água oxigenada (H_2O_2). Nessa figura, está representada a estrutura molecular da enzima catalase em seu estado normal (nativo - Figura 3a) e a forma que é rotineiramente encontrada em livros didáticos de Bioquímica (Figura 3c).

Cada cadeia polipeptídica possui um grupamento prostético de íons Ferro (Figura 3a e 3b), semelhante ao que é encontrado na estrutura molecular da hemoglobina do sangue. Assim, na enzima catalase, no entanto, além do ferro, pode ser encontrado outro íon, o manganês.

Figura 3 – a) Modelo didático que evidencia a estrutura quaternária nativa da enzima catalase.
b) Em evidência uma cadeia polipeptídica com um sítio prostético de Ferro e c) Estrutura molecular da catalase.



Fonte: Autores (2023) e c) Wikimedia Commons (2023). Disponível em:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Catalase_Structure.png

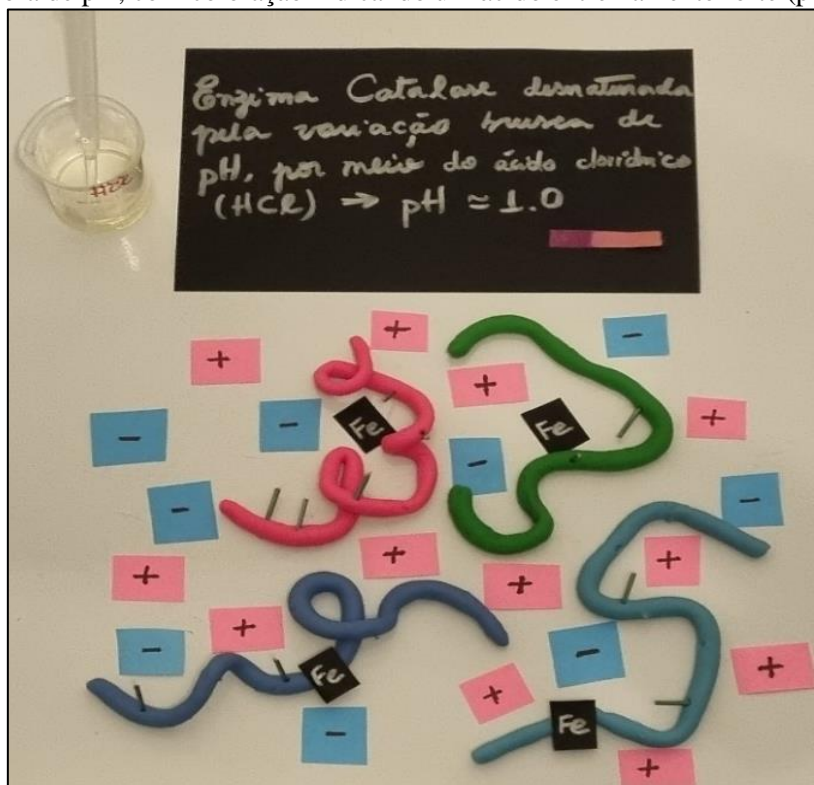
Em sequência, por meio de outro modelo manipulativo, confeccionado por materiais simples e de baixo custo, o docente poderá demonstrar aos discentes, a simulação do processo de desnaturação da enzima catalase, tanto pelo efeito do calor (cozimento em altas temperaturas - Figura 4), como também pela variação brusca de pH do meio (adição do ácido clorídrico, por exemplo – Figura 5).

Figura 4 – Modelo didático que evidencia a estrutura tridimensional da enzima catalase desnaturada pelo calor (altas temperaturas)



Fonte: Autores (2023).

Figura 5 – Modelo didático que evidencia a estrutura tridimensional da enzima catalase desnaturada pela ação da variação brusca de pH do meio, por meio do HCl. Notar na foto, a fita indicadora de pH, com coloração indicando um ácido extremamente forte (pH = 1,0).



Fonte: Autor (2023).

Também poderá ser discutido, a importância das enzimas nos sistemas biológicos. Neste caso, a enzima catalase, é uma enzima pertencente a classe das peroxidases, que nas organelas dos peroxissomos, permite livrar as células e o organismo de toxinas, como é o caso da água oxigenada (H₂O₂), transformando-a em água e gás oxigênio e calor. Assim, de maneira geral, as enzimas são uma classe de proteínas de extrema importância nos seres vivos, que aceleram as reações, funcionando como agentes catalisadores. Sem elas, não teríamos êxito nas reações bioquímicas, sendo moléculas indispensáveis para a vida. Vale a pena ressaltarmos que, a atividade experimental proposta, também serve de eixo interdisciplinar, abordando tópicos da Química no que tange ao conceito de óxidos, ácidos fracos, fortes, pH, dissociação iônica, ligações covalentes, não covalentes e catalisadores.

CONCLUSÕES

A aula experimental proposta, se desponta como um valioso recurso metodológico no intuito de facilitar e despertar, o ensino e a aprendizagem de temas de Bioquímica (ação da enzima catalase nas células), bem como uma abordagem interdisciplinar de tópicos básicos dentro do conteúdo de enzimas.

Além disso, a proposta experimental utiliza um produto natural de grande importância econômica, social e cultural, no Brasil e em países de regiões tropicais e subtropicais, que é o caso da mandioca-de-mesa (*Manihot esculenta* Crantz).

A proposta didática do uso de mandioca no ensino contempla a natureza interdisciplinar do conhecimento científico, social, tecnológico e ambiental, contribuindo de forma considerável para a aprendizagem e formação de cidadãos críticos e reflexivos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Antonia Marina Costa et al. Conhecimentos populares sobre plantas medicinais da caatinga na construção de uma oficina didática para o ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 567-584, 2021.

BRASIL. **Base Nacional Curricular Comum: área de Ciências da natureza e suas tecnologias**. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/imagens/historico/BNCC_EnsinoMedio_em_baixa_site_110518.pdf Acesso em: 02 jan 2022.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v. 56, p. 481–501, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15669146/> Acesso em: 14 de outubro de 2022.

EMBRAPA. **Mandioca**. (2022). Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioca> Acesso em: 14 de outubro de 2022.

GONÇALVES, T. M. Utilizando a raiz tuberosa de mandioca em aulas práticas de Biologia para estudantes do Ensino Médio. **Revista Educação Pública**, v. 21, no 45, p. 1-6, 2021a. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/45/utilizando-a-raiz-tuberosa-de-mandioca-em-aulas-praticas-de-biologia-para-estudantes-do-ensino-medio> Acesso em: 14 out. 2022.

GONÇALVES, T. M. Experimentando a Biologia: uma proposta de aula prática sobre a atividade enzimática da catalase. **Revista Brasileira do Ensino Médio**, v. 4, p. 92-100, 2021b. Disponível em: <https://phprbraem.com.br/ojs/index.php/RBRAEM/article/view/104> Acesso em: 14 out. 2022.

GONÇALVES, T. M. Identificando a ação da enzima catalase na raiz tuberosa de mandioca-de-mesa (*Manihot esculenta* Crantz) no ensino de Biologia. In: YAMAGUCHI, K. K. L.; GONÇALVES, T. M. (Orgs.) **Inovando na arte de ensinar e aprender: o uso de produtos naturais no ensino de Química e Biologia**. Iguatu, 2022, p. 65-77.

KRASILCHIK, M. Prática de Ensino de Biologia. 4ªed, EDUSP, 2019.

LEFF, B.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J.A. Geographic distribution of major crops across the world. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 18, n.1, p. 1-27, 2004. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2003GB002108> Acesso em: 14 de outubro de 2022.

MANDIOCA: O PÃO DO BRASIL = MANIOC, LE PAIN DU BRÉSIL. Brasília, DF: Embrapa, 2005, 284p.

SILVEIRA, Joice Trindade; ROCHA, João Batista Teixeira. Produção científica sobre estratégias didáticas utilizadas no ensino de Bioquímica: uma revisão sistemática. *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 14, n. 3, p. 7-21, 2016.

SOLNER, T. B.; FERNANDES, L. D. S.; PEIXOTO, S. C.; FANTINEL, L. O ensino de Bioquímica: uma investigação com professores da rede pública e privada de ensino. **Revista Thema**, v. 17, n. 4, p. 899-911, 2020.

SOLNER, T. B.; FERNANDES, L. D. S.; PEIXOTO, S. C.; FANTINEL, L. O ensino de Bioquímica no Brasil: um olhar para a educação básica. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 126–137, 2019. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2311>. Acesso em: 2 jan. 2023.

VIÉGAS, A. P. **Estudos sobre a mandioca.** Instituto Agrônomo & BRASCAN/Nordeste. 1976, 214p.

WIKIMEDIA COMMONS. **Catalase Structure.** 2022. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Catalase_Structure.png Acesso em: 14 de outubro de 2022.

ANEXO 1: PROTOCOLO E QUESTÕES PARA IMPRESSÃO DA ATIVIDADE PROPOSTA AOS ALUNOS

Valorização do conhecimento popular: detecção da enzima catalase na Mandioca-de-mesa (*Manihot esculenta* Crantz) como estratégia para o ensino de Bioquímica

Nome do aluno: _____ Turma: _____ Série: _____

A. Materiais necessários

Para a realização da atividade prática, serão utilizados materiais simples, e de baixo custo, sendo a maioria deles presentes no nosso cotidiano:

- Mandioca de mesa crua, lavada, descascada e cortada em cubos pequenos;
- Mandioca de mesa lavada, descascada e cozida, cortada em cubos;
- Faca sem ponta;
- 8 Pires ou copinhos descartáveis transparentes;
- Água oxigenada ou H₂O₂ ou Peróxido de Hidrogênio a 3% (facilmente adquirido em farmácias);
- Ácido Clorídrico (HCl), também denominado Ácido muriático - 30 a 33% (adquirido facilmente em lojas de produtos de limpeza);
- Caneta marcadora;
- Fogão;
- Panela de pressão;
- Luvas de proteção;
- Jaleco;
- Óculos de proteção.
- Conta-gotas, pipeta Pasteur ou seringa plástica de 5mL (facilmente adquirida em farmácias).

- Dois potes pequenos para acondicionamento de parte da água oxigenada e do ácido clorídrico, que serão utilizados.

B. Procedimentos

Inicialmente, a mandioca deverá ser lavada, descascada e cortada em pequenos cubos, com o auxílio de uma faca sem ponta. Reservar uma parte dos cubos de mandioca não cozidos (in natura), e o restante, submeter ao cozimento em panela de pressão durante cerca de 5 minutos. Desde o início da aula prática, não se esqueça de utilizar os EPI's (Equipamento de Proteção Individual)!

Enumerar (1 a 8) por meio de um marcador de retroprojeter os pires ou copos plásticos que irão servir como meio para acondicionar os tratamentos. No pires 1, gotear por meio de uma pipeta pasteur, conta gotas ou seringa plástica, cerca de 3 mL de H_2O_2 . No pires 2, gotear 3 mL de HCl. No pires 3, colocar apenas um cubo de mandioca in natura (crua). No pires 4, colocar um cubo de mandioca cozida. No pires 5, um cubo de mandioca in natura + 3mL de H_2O_2 . No pires 6, um cubo de mandioca cozida + 3mL de H_2O_2 . No pires 7, um cubo de mandioca in natura + 3mL de H_2O_2 + 3mL de HCl e por fim, no último pires acondicionar um cubo de mandioca cozida + 3mL de H_2O_2 + 3mL de HCl. Após efetuar a conclusão do último tratamento, anotar os resultados obtidos no caderno.

C. Questões propostas

1) Explique detalhadamente, o que aconteceu em todos os tratamentos. Em sua resposta, explique a função dos tratamentos 1, 2, 3 e 4 no experimento? Justifique sua resposta.

2) Escreva a reação global balanceada que explica o fenômeno observado no tratamento número 5 entre a mandioca crua e o Peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Indique no esquema, quem é a enzima, o substrato e o(s) produto(s).

3) No tratamento de número 5, pode ser percebido, pelo borbulhamento, o desprendimento de um gás, que gás é esse? Ele é importante para os seres vivos que

realizam o mecanismo da respiração aeróbica? Explique sua resposta.

4) Explique de maneira sucinta, como o fator de altas temperaturas, e variações bruscas de pH, culminam na desnaturação das proteínas (enzimas)?

5) Quando nos ferimos, ao ponto de ser feito um corte no tecido, e extravasamento de sangue, é aconselhável utilizar água oxigenada (H_2O_2) para limpar o ferimento. O que você imaginaria que acontecesse se utilizarmos esse reagente no ferimento? Explique sua resposta.

ANEXO 2. RESPOSTAS ESPERADAS DAS QUESTÕES PROPOSTAS – USO DO PROFESSOR

1) **Quadro 3** – Fenômenos ocorridos no experimento e suas explicações.

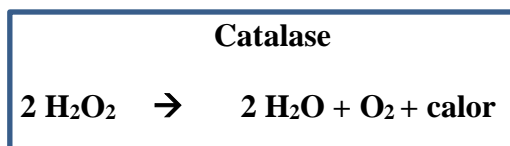
| Tratamentos | |
|--|---|
| Pires 1 – 3 mL de H_2O_2 , é o nosso controle número 1 do experimento, nenhuma reação ocorreu. | Pires 5 – 1 cubo de mandioca crua + 3 mL de H_2O_2 , ocorreu reação de decomposição do peróxido de hidrogênio, por meio da enzima catalase presente nos peroxissomos das células vegetais da mandioca. Ocorreu a formação de moléculas de água e oxigênio (bolhas). |
| Pires 2 – 1 cubo de mandioca crua, é o nosso controle número 2 do experimento, nenhuma reação ocorreu. | Pires 6 - 1 cubo de mandioca cozida + 3 mL de H_2O_2 , não ocorreu reação, pois o cozimento da mandioca desnaturou a enzima catalase, alterando sua forma, perdendo-se sua função. |
| Pires 3 – 3 mL de HCl, é o nosso controle número 3 do experimento, nenhuma reação ocorreu. | Pires 7 - 1 cubo de mandioca crua + 3 mL de H_2O_2 + 3 ml de HCl, não ocorreu reação, pois a adição de 3 mL de HCl desnaturou a enzima catalase, |

| | |
|--|---|
| | alterando sua conformação nativa, perdendo-se sua função. |
| Pires 4 - 1 cubo de mandioca cozida, é o nosso controle número 4 do experimento, nenhuma reação ocorreu. | Pires 8 - 1 cubo de mandioca cozida + 3 mL de H ₂ O ₂ + 3 mL de HCl, não ocorreu nenhuma reação, pois o cozimento da mandioca e a adição do HCl desnaturou a enzima catalase. |

Fonte: Autor (2023).

A função dos tratamentos de número 1, 2, 3 e 4, têm a função de servir como controle do nosso experimento. O controle do experimento é importante pois o mesmo serve para comparar os resultados obtidos, com os tratamentos que sofreram intervenções (tratamentos de número 5, 6, 7 e 8). Assim, o controle experimental permite maior confiança e êxito nos resultados da pesquisa.

2) Reação global balanceada, evidenciada no tratamento número 5:



Enzima (catalisador) = Catalase

Substrato = 2 H₂O₂

Produtos = 2 H₂O + O₂ + calor

3) O borbulhamento que pode ser visualizado no tratamento número 5, é o desprendimento do gás oxigênio, que ocorreu por meio da decomposição da água oxigenada, formando também moléculas de água, por meio da enzima catalase, nos peroxissomos das células vegetais da mandioca crua. O gás oxigênio é de grande importância para os organismos que realizam a respiração aeróbica, pois por meio dele, a célula irá em conjunto com moléculas de glicose e água, formar gás carbônico, água e energia (ATP).

4) O efeito de altas temperaturas (cozimento), irá perturbar as ligações covalentes existentes na cadeia das proteínas, ocasionando sua ruptura, levando sua alteração conformacional e perda de função. Já, o efeito da variação brusca de pH do meio, pela adição do ácido clorídrico (HCl), irá alterar a carga elétrica das enzimas, ocasionando a ruptura de ligações não covalentes (ligações de hidrogênio por exemplo), o que resultará na alteração conformacional da enzima, levando sua perda de função. Assim, no processo de desnaturação enzimática por meio do calor (altas temperaturas) e variações de pH (tanto ácidos como básicos), não ocorrerá a ruptura de nenhuma ligação peptídica, mas sim das ligações covalentes intracadeia da proteína.

5) Ao realizarmos a limpeza do fermento com peróxido de hidrogênio (água oxigenada – H_2O_2), ocorrerá o borbulhamento naquela região, pois no tecido, existem células que possuem no seu interior organelas denominadas peroxissomos, que são ricas em enzimas catalase. A catalase irá reagir com o seu substrato (água oxigenada) decompondo em dois produtos, a água e o gás oxigênio. Dessa forma, as bolhas observadas, se dão por causa do desprendimento do oxigênio pela ação da enzima catalase no substrato (H_2O_2), nas células do tecido lesado.

Recebido em: 23/12/2022

Aprovado em: 15/01/2023

Publicado em: 19/01/2023