



DA OBSERVAÇÃO À COMPREENSÃO CIENTÍFICA: A OXIDAÇÃO DA MAÇÃ COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CRÍTICO

Nian I.F. Queiroz¹; Isabel C.S. Ferreira²; Alcy F. Ribeiro¹; Ana Cristina Dias de Mesquita¹

¹ Universidade Federal do Pará;

² Oneide de Souza Tavares;

E-mail: Nianqueiroz2@gmail.com

Palavras-Chave: Oxidação enzimática, polifenoloxidase, ensino de ciências.

Introdução

A oxidação de frutas é um fenômeno químico facilmente observável no cotidiano, sendo a maçã um dos exemplos mais emblemáticos. Ao ser cortada ou mordida, a polpa da maçã sofre alterações enzimáticas que resultam no escurecimento de sua superfície, processo desencadeado pela ação da polifenoloxidase em contato com o oxigênio do ar. Essa reação, que envolve a transformação de compostos fenólicos em quinonas e, posteriormente, em pigmentos escuros conhecidos como melaninas, constitui um exemplo simples e acessível de reações de oxidação em sistemas biológicos. A simplicidade do fenômeno torna-o um recurso didático relevante para o ensino de química, biologia e ciências de forma geral, permitindo a construção de conceitos científicos a partir de situações próximas à realidade do estudante.

A literatura aponta que experimentos contextualizados, baseados em fenômenos cotidianos, despertam maior engajamento e favorecem a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003). No campo educacional, autores como Vygotsky (1984) ressaltam que a aprendizagem é mediada por interações sociais e pelo uso de ferramentas culturais, sendo os experimentos práticos uma dessas ferramentas, pois proporcionam vivências concretas que ampliam a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) do aluno. Paulo Freire (1996), por sua vez, defende uma educação problematizadora, na qual o conhecimento é construído de forma crítica e contextualizada. Nesse sentido, o experimento da oxidação da maçã, além de ilustrar conceitos científicos, estimula o pensamento crítico ao permitir que o estudante questione, investigue e relacione o fenômeno observado a outros contextos, como conservação de alimentos, reações químicas e processos industriais.

Outros estudiosos, como John Dewey (1938), reforçam a importância do “aprender fazendo”, destacando que o conhecimento adquire significado quando relacionado a experiências concretas. Ao observar, registrar e interpretar o escurecimento da maçã, o estudante não apenas compreende um fenômeno químico, mas também desenvolve habilidades investigativas, pensamento lógico e capacidade de análise de variáveis experimentais. Além disso, a realização de experimentos simples e de baixo custo democratiza o acesso à ciência, possibilitando a inclusão de práticas investigativas em diferentes realidades escolares.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo principal realizar o experimento da oxidação da maçã, analisando o processo químico envolvido e explorando métodos para retardar o escurecimento. Busca-se, ainda, discutir as possibilidades pedagógicas dessa prática, relacionando-a às teorias educacionais de Vygotsky, Paulo Freire e outros autores que valorizam a aprendizagem ativa e contextualizada. A justificativa para a escolha do tema reside na relevância de integrar ciência e educação por meio de experimentos simples, mas conceitualmente ricos, que aproximem o conhecimento científico da vida cotidiana, incentivem

a curiosidade e promovam o pensamento crítico. Dessa forma, o experimento proposto não apenas contribui para a compreensão de conceitos químicos e biológicos, mas também fortalece a formação cidadã e científica dos estudantes.

Material e Métodos

O presente estudo foi conduzido em ambiente escolar no município de Ananindeua, estado do Pará, o procedimento foi planejado de forma a permitir sua execução com materiais de baixo custo e fácil acesso, possibilitando a replicação em diferentes contextos educacionais. O experimento foi realizado com o objetivo de observar o processo de oxidação enzimática da polpa da maçã (*Malus domestica*) e avaliar diferentes métodos para retardar o escurecimento superficial, o estudo foi conduzido em bancada limpa e bem iluminada, com temperatura ambiente de $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Materiais:

- Maçãs frescas, variedade nacional, com massa média de (150 ± 5) g;
- Faca de aço inoxidável higienizada;
- Tábua de corte de polipropileno;
- Recipientes plásticos com capacidade de 100 mL;
- Cronômetro digital (precisão de $\pm 0,01$ min);
- Soluções para tratamento: suco de limão natural ($\text{pH} \approx 2,2$), solução de cloreto de sódio (NaCl) a 1% m/V, vinagre comercial ($\text{pH} \approx 2,4$) e água potável;
- Câmera fotográfica digital para registro visual.

Procedimento experimental:

1. As maçãs foram lavadas com água corrente e secas com papel toalha;
2. Cada fruta foi cortada em fatias com espessura aproximada de 1 cm, utilizando faca de aço inoxidável para evitar contaminação por íons metálicos que poderiam interferir no resultado.
3. As fatias foram distribuídas em seis grupos ($n = 6$ em cada grupo):
 - Grupo Controle (GC): sem aplicação de solução.
 - Grupo Limão (GL): aplicação de 5 mL de suco de limão.
 - Grupo Sal (GS): imersão em solução de NaCl 1% m/V por 1 min.
 - Grupo Vinagre (GV): aplicação de 5 mL de vinagre.
 - Grupo Água (GA): imersão em água potável por 1 min.
 - Grupo mel (GM): aplicação de 5 mL de mel.
4. Após o tratamento, as amostras foram deixadas expostas ao ar, sobre bancadas protegidas de luz solar direta.
5. As observações visuais foram realizadas em intervalos de 0, 5, 10, 20 e 30 min, registrando-se fotografias para análise comparativa.

Análise dos resultados:

A intensidade de escurecimento foi avaliada de forma qualitativa e quantitativa simples por meio de uma escala visual, utilizando fotografias em iluminação constante, o experimento pode ser observado conforme Figura 1 e a escala visual pode ser observada conforme Tabela 1.

Figura 1: Experimento da oxidação da maçã, com diferentes soluções.



Tabela 1: Análise de escala visual simplificada

Grupo	Descrição visual
Controle (CG)	Marrom escuro intenso na superfície
Água (GA)	Marrom escuro semelhante ao controle.
Sal (GS)	Marrom médio, parte da superfície ainda clara.
Mel (GM)	Marrom claro uniforme, película protetora visível.
Limão (GL)	Polpa quase clara, leve amarelado.
Vinagre (GV)	Polpa clara, discreto amarelado, mínimo escurecimento.

Estratégias e cuidados:

Todos os equipamentos e recipientes foram higienizados previamente. As unidades e símbolos empregados seguem o Sistema Internacional de Unidades (SI), e as soluções foram preparadas utilizando água potável à temperatura ambiente. Não foram empregadas análises estatísticas avançadas, visto que o objetivo principal foi demonstrativo e exploratório.

Resultados e Discussão

Os resultados observados demonstraram variações significativas na velocidade e intensidade do escurecimento superficial das fatias de maçã em função do tratamento aplicado. O Grupo Controle (GC) apresentou escurecimento visível a partir de 5 min, com aumento progressivo da intensidade até 30 min. Em contraste, os tratamentos com soluções ácidas (suco de limão e vinagre) retardaram visivelmente o processo, preservando a cor clara por mais tempo. A solução de cloreto de sódio também retardou a oxidação, porém de forma menos eficaz que os ácidos. O grupo tratado apenas com água apresentou comportamento semelhante ao controle, evidenciando que a imersão simples não é suficiente para impedir a reação enzimática.

Observa-se que o GL e o GV mantiveram valores de intensidade próximos aos iniciais, confirmando que o baixo pH inibe a atividade da polifenoloxidase (PPO), conforme descrito por Yoruk e Marshall (2003), que destacam que a enzima apresenta atividade ótima próxima ao pH neutro e sofre redução acentuada em meios ácidos. O tratamento com sal (GS) apresentou efeito moderado, provavelmente devido à formação de uma barreira física parcial e à redução

da disponibilidade de oxigênio dissolvido. No tratamento com solução de água e mel, observou-se um retardamento moderado da oxidação em comparação ao grupo controle. A viscosidade do mel formou uma fina película sobre a superfície da maçã, reduzindo parcialmente o contato com o oxigênio atmosférico, enquanto compostos antioxidantes naturais presentes no mel contribuíram para inibir a ação da polifenoloxidase. Ainda assim, o efeito foi menos pronunciado que o obtido com soluções ácidas, como limão e vinagre.

Os resultados obtidos estão em consonância com estudos prévios que utilizaram métodos semelhantes para retardar o escurecimento enzimático em frutas, como relatado por Soliva-Fortuny e Martín-Belloso (2003). A presença de antioxidantes naturais no limão e no vinagre (ácido cítrico e ácido acético, respectivamente) atua de forma dupla: reduzindo o pH e complexando íons metálicos que participam da reação catalítica.

Do ponto de vista pedagógico, o experimento confirmou seu potencial como ferramenta didática para o ensino de ciências. De acordo com Vygotsky (1984), a interação social e a mediação do professor permitem que o aluno avance da observação empírica para a compreensão conceitual, como ocorreu quando os estudantes relacionaram o escurecimento da maçã ao conceito de oxidação. Paulo Freire (1996) reforça que práticas assim fortalecem a curiosidade epistemológica, pois o estudante parte de uma experiência real e familiar para compreender princípios científicos abstratos.

Além do conteúdo químico, o experimento favoreceu a interdisciplinaridade, possibilitando conexões com biologia (função das enzimas, metabolismo vegetal), física (influência da temperatura e difusão de gases) e até geografia e economia (perdas pós-colheita e conservação de alimentos). Dewey (1938) já defendia que a aprendizagem se torna mais significativa quando os conteúdos são integrados e vivenciados.

Em síntese, os dados indicam que tratamentos ácidos, como limão e vinagre, são mais eficientes na redução da oxidação enzimática da maçã, o que confirma evidências já documentadas na literatura. A reprodução desse experimento em ambiente escolar, com análise visual e simples quantificação, mostrou-se eficaz para estimular a participação dos alunos, promover a compreensão de conceitos químicos e reforçar a importância da experimentação no processo de ensino-aprendizagem.

Conclusão

A realização do experimento da oxidação da maçã permitiu compreender, de forma prática e acessível, os mecanismos envolvidos no escurecimento enzimático da fruta, relacionando-os a conceitos de química e biologia. Os resultados evidenciaram que o contato da polpa com o oxigênio atmosférico ativa a enzima polifenoloxidase, acelerando a formação de pigmentos escuros. Entre os métodos testados para retardar esse processo, as soluções ácidas, como suco de limão e vinagre, mostraram-se mais eficazes, devido à redução do pH e à ação antioxidante natural. A solução de sal apresentou efeito moderado, enquanto a imersão em água e a ausência de tratamento (controle) resultaram em escurecimento rápido.

Os objetivos propostos, observar o fenômeno, testar diferentes tratamentos e discutir suas implicações didáticas, foram plenamente alcançados. Além de confirmar o conhecimento científico sobre a oxidação enzimática, a atividade demonstrou potencial pedagógico ao promover a integração entre teoria e prática, favorecendo a aprendizagem significativa. Sob a perspectiva de Vygotsky, o experimento funcionou como ferramenta mediadora para ampliar a compreensão conceitual dos estudantes; já à luz de Paulo Freire, proporcionou um momento de



64º Congresso Brasileiro de Química
04 a 07 de novembro de 2025
Belo Horizonte - MG

educação problematizadora, em que a experiência concreta motivou questionamentos e reflexões críticas. Assim, conclui-se que experimentos simples, como o da oxidação da maçã, contribuem não apenas para o ensino de conteúdos científicos, mas também para o desenvolvimento de habilidades investigativas e pensamento crítico, constituindo recursos valiosos para uma educação inclusiva, contextualizada e participativa.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal do Pará, ao Programa PIBID e à E.E.E.F.M. Oneide de Souza Tavares pelo apoio e colaboração na realização deste trabalho.



Referências

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

DEWEY, J. *Experience and education*. New York: Macmillan, 1938.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 31. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 14, n. 9, p. 341-353, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(03\)00054-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(03)00054-2).

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

YORUK, R.; MARSHALL, M. R. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review. *Journal of Food Biochemistry*, v. 27, n. 5, p. 361-422, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2003.tb00289.x>.