

## Atividades Experimentais Simples para o Entendimento de Conceitos de Cinética Enzimática: *Solanum tuberosum* – Uma Alternativa Versátil

Fábio Junior M. Novaes, Daniel L. M. de Aguiar, Milena B. Barreto e Júlio C. Afonso

Alterações em fatores como a concentração de reagentes, temperatura, ativação e inibição catalítica são observadas cotidianamente no escurecimento de legumes, frutas e tubérculos. Todos eles estão relacionados à ação cinética (químico-enzimática) da enzima polifenoloxidase (PFO). O simples armazenamento sob refrigeração é capaz de retardar o fenômeno, assim como outros fatores podem acelerá-lo. Desse modo, a proposta central deste trabalho é fornecer uma aula experimental econômica e operacionalmente viável, em que sejam observadas essas alterações em uma batata (*Solanum tuberosum* L), permitindo um estudo agradável e instigante da cinética enzimática química.

► batata, cinética químico-enzimática, práticas de química ◀

Recebido em 22/12/2011, aceito em 28/08/2012

27

**P**ara o estudante de ciências, a realização de experimentos didáticos pode ser uma estratégia importante de criação de situações reais, nas quais os conhecimentos adquiridos em sala de aula se aplicam. Ademais, práticas experimentais estimulam o questionamento investigativo (Guimarães, 2009). Nesse sentido, o conceito de laboratório precisa ser expandido também para ambientes nos quais o aluno está cotidianamente inserido, mas que tradicionalmente não seriam úteis para realização de atividade experimentais. Assim, a cozinha, o jardim, a sala de aula e a biblioteca da escola passam a ser ambientes férteis para o desenvolvimento de experimentos que propõem nos educandos o caráter investigativo (Silva et al., 2010). Sabidamente, conteúdos descontextualizados são difíceis, assépticos e distantes, ou seja, o ensino sem a realização de experimentos pode tornar-se desmotivante e o discurso do professor passa a ser entendido como dogma de fé (Zanon e Paliarini, 1995).

O elevado custo de materiais/equipamentos específicos para a realização dos experimentos parece sobrepor-se ao interesse do professor na execução das aulas práticas. A falta de infraestrutura adequada para realização de experimentos parece ser uma barreira intransponível no ensino de ciências

e especialmente no da química. Desse modo, viabilizar experimentos que sejam financeira e operacionalmente acessíveis à realidade das escolas brasileiras é uma necessidade pungente, e o uso de experimentos simples relacionados ao

cotidiano favorece a inculturação nos alunos de uma atitude crítica e empreendedora, já que estes passam a entender que a ciência faz parte do dia a dia (Valadares, 2001).

Etmologicamente, a origem da palavra cinética provém do grego *kine*, que significa movimento. Cinética química é, portanto, o estudo da velocidade das reações, de processos químicos e também dos fatores que afetam essas reações/processos.

O estudo de reações resolvidas no tempo, ou seja, da cinética química, é feito em sua maioria baseado em aulas expositivas que desconsideram o conhecimento prévio dos alunos. Isso tende a tornar o estudo enfadonho e distante (Lima et al., 2000).

A ideia de que a química é distante do cotidiano é uma constante para aqueles que não têm consciência da abrangência e aplicabilidade da ciência em geral. Desse modo, reconhecer que os organismos vivos se mantêm por meio de reações químicas pode ser uma estratégia relevante na inserção da química no dia a dia dos alunos. Grande parte

A ideia de que a química é distante do cotidiano é uma constante para aqueles que não têm consciência da abrangência e aplicabilidade da ciência em geral. Desse modo, reconhecer que os organismos vivos se mantêm por meio de reações químicas pode ser uma estratégia relevante na inserção da química no dia a dia dos alunos.

das reações químicas *in vivo* é catalisada por enzimas, logo, correlacionar o estudo de cinética química com processos que ocorrem em organismos vivos fornece aos alunos a oportunidade de compreender questões inter-relacionando química, biologia e nutrição.

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um dos alimentos mais consumidos no mundo e intensamente incorporada à gastronomia brasileira. No Brasil, a produção do tubérculo é estimada em aproximadamente 3,3 milhões de toneladas por ano, o que faz dela um alimento de fácil acesso em todo território nacional.

Diversos trabalhos já foram publicados envolvendo a batata como objeto de estudo para compreensão de temas abordados em sala de aula no ensino médio para as disciplinas de química e biologia (Lima et al., 2000; Hioka et al., 2000; Freitas Filho e Celestino, 2010; Carvalho et al., 2005), assim como no ensino superior para cursos de farmácia e engenharia de alimentos (Silva e Silva, 1997; Rodrigues e Oliveira, 2009). Isso demonstra a versatilidade da batata como ferramenta de baixo custo para experimentos didáticos de ensino. Por exemplo, Souza e Neves (2007) publicaram no site da UNESP uma aula prática denominada *Fatores que afetam a atividade enzimática*, utilizando batata e catecol (1,2-diidroxibenzeno).

A proposta central deste trabalho é fornecer alternativas experimentais econômica e operacionalmente viáveis, dentro do contexto da realidade do ensino médio e médio técnico público brasileiro, onde os objetivos principais desses experimentos são a contextualização da cinética químico-enzimática aprendida em sala de aula, empregando materiais do cotidiano, baratos e de fácil acesso. Para isso, foram propostas aulas experimentais que foram ministradas após as aulas de cinética química ou enzimática de turmas de alunos do 2º ou 3º anos do ensino médio regular ou técnico em escolas da rede pública de ensino da cidade do Rio de Janeiro. Nessas aulas, foram feitas alterações em parâmetros como concentração de reagentes, temperatura, ativação e inibição catalítica, tendo como material de trabalho um tubérculo de batata.

### Descrição dos experimentos

Nos experimentos descritos a seguir, as atividades experimentais podem ser feitas no refeitório ou na cozinha da própria instituição por demonstrações pelo professor auxiliado por uma cozinheira ou merendeira, utilizando a estrutura disponível (fogão, forno, geladeira e freezer). A turma foi dividida em grupos de quatro alunos. A avaliação é feita por meio da elaboração de um relatório, com registro das atividades desenvolvidas juntamente com a análise e interpretação dos resultados e as respostas das questões

propostas, cuja entrega ocorre na aula seguinte. Para auxiliar na elaboração do relatório, os alunos recebem no dia da aula uma lista de referências (livros, artigos, jornais etc.) disponíveis na biblioteca da escola ou na internet.

### Efeito da concentração na velocidade de uma reação química

Como noção inicial, uma reação química se processa pelo número de choques efetivos que há entre as entidades que participam dela (os reagentes). Desse modo, quanto mais entidades contidas em um determinado espaço físico, maior a probabilidade de que esse choque efetivo ocorra. Assim, espera-se que quanto maior a concentração de um determinado reagente, maior a velocidade da reação. É importante recordar que, dependendo do mecanismo na qual a reação se processa, um reagente pode ter maior ou menor influência na velocidade de um determinado processo.

A proposta central deste trabalho é fornecer alternativas experimentais econômica e operacionalmente viáveis, dentro do contexto da realidade do ensino médio e médio técnico público brasileiro, onde os objetivos principais desses experimentos são a contextualização da cinética químico-enzimática aprendida em sala de aula, empregando materiais do cotidiano, baratos e de fácil acesso.

#### Experimento n° 1

##### Material

- 300 mL de água em temperatura ambiente (~25°C);
- Uma batata inglesa lavada;
- Uma faca;
- Um copo transparente de vidro ou plástico de 500 mL.

##### Procedimento

No copo, adicionar 300 mL de água à temperatura ambiente. Descasque a batata e divida-a em quatro pedaços. Adicione um dos pedaços dentro do copo com água e mantenha um segundo pedaço exposto ao ar. Acompanhe a coloração da batata por 40 minutos nas duas situações.

##### Questões

1. Em qual dos casos, na batata exposta ao ar ou na água, a evolução da coloração ocorreu com maior velocidade?
2. Existe alguma causa que justifique a diferença nas velocidades de reação?
3. A banana e a maçã escurecem quando pedaços são expostos ao ar. Qual a razão desse fenômeno?
4. Por que razão alguns alimentos após serem descascados, como o aipim (mandioca), devem ser mantidos sob água?

#### Experimento n° 2

##### Material

- Uma batata inglesa;

- Sistema para aquecimento de água (fogão a gás ou resistência elétrica);
- Recipiente de metal para aquecimento de água (panela ou leiteira);
- 200 mL de água;
- Xícara de vidro;
- Prato de vidro;
- Freezer.

#### Procedimento

Aqueça 250 mL de água até ebulição. Enquanto esta é aquecida, corte uma batata descascada em três pedaços. Em um prato, deixe um dos pedaços à temperatura do laboratório; leve o segundo ao freezer, mantendo-o por 5 a 10 minutos; e coloque o terceiro na água fervente e deixe por 5 a 10 minutos. Em seguida, cesse o aquecimento e, com auxílio de um garfo, retire o tubérculo e o exponha sobre o prato junto com aquele exposto à temperatura do laboratório. Faça o mesmo com o tubérculo exposto ao freezer. Aguarde cerca de 30 minutos para tirar suas observações acerca das colorações dos pedaços de batata.

#### Questões

1. Em qual dos experimentos a reação ocorreu com maior velocidade?
2. Existe alguma causa que justifique a diferença nas velocidades de reação?

### Catalisadores e inibidores de reação química

O mecanismo pelo qual uma reação química se processa é um dos fatores que afeta a velocidade das reações. Catalisadores são espécies químicas que aceleram a velocidade média reacional ao criar mecanismos de reação alternativos e com barreiras energéticas menores, sem serem consumidos na reação em que participam. Espera-se que reações catalisadas sejam mais rápidas que as que não têm catalisador.

#### Experimento nº 3

##### Material

- Uma batata inglesa;
- Um frasco novo de 100 mL de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 3% m/m (10 volumes);
- Três copos de vidro transparentes de 300 mL;
- Faca;
- Sistema para aquecimento de água (fogão a gás ou resistência elétrica);
- Recipiente de metal para aquecimento de água (panela ou leiteira);
- 250 mL de água;

#### Procedimento

Descasque uma batata e a corte em cubos iguais de aproximadamente  $1\text{ cm}^3$ . Aqueça 250 mL de água até ebulição. Coloque 50% dos cubos na água fervente e deixe por 5-10 minutos.

O mecanismo pelo qual uma reação química se processa é um dos fatores que afeta a velocidade das reações. Catalisadores são espécies químicas que aceleram a velocidade média reacional ao criar mecanismos de reação alternativos e com barreiras energéticas menores, sem serem consumidos na reação em que participam.

Nos três copos de vidro transparentes, adicione volume suficiente de solução de  $H_2O_2$  de modo a formar uma coluna de líquido de aproximadamente 5 cm de altura. Adicione os cubos de batata mantidos na temperatura do laboratório em um dos copos e, em um segundo copo, os cubos que foram colocados na água fervente. O terceiro copo ( $H_2O_2$  sozinha) será tomado como referência. Observe as transformações

ocorridas nos três recipientes.

#### Questões

1. Em qual dos experimentos a reação ocorreu com maior velocidade?
2. Existe alguma causa que justifique a diferença nas velocidades de reação?
3. Por que o mesmo desprendimento gasoso é observado ao adicionar água oxigenada em fermentos?

### Temperatura

Grosso modo, o número de choques efetivos entre os reagentes é diretamente proporcional à velocidade na qual a reação se processa. Uma maneira de aumentar a probabilidade de choques efetivos é aumentar a energia cinética média dos reagentes, ou seja, a temperatura.

#### Experimento nº 4

##### Material

- Uma batata inglesa;
- Sistema para aquecimento (forno elétrico ou a gás);
- Sistema para resfriamento (geladeira);
- Três pratos de vidro;
- Faca.

##### Procedimento

Descasque e corte a batata em três pedaços de mesmo tamanho. Coloque cada um deles sobre um pires e exponha-os aos diferentes ambientes: ambiente do laboratório, geladeira ( $\pm 4\text{ }^\circ\text{C}$ ) e forno aquecido a  $50\text{-}60\text{ }^\circ\text{C}$ . Aguarde cerca de 40 minutos para concluir a respeito da coloração dos pedaços de batata.

##### Questões

1. Em qual dos experimentos a reação ocorreu com maior velocidade?

2. Existe alguma causa que justifique a diferença nas velocidades de reação?
3. Porque as batatas fritas congeladas vendidas em supermercados não ficam escuras?

## Discussão

Procedimentos experimentais simples nem sempre são explicados por um arcabouço teórico trivial. O detalhamento dos mecanismos enzimáticos foge do escopo deste trabalho, visto que, além de ser complexo, em muitos casos, é pouco conhecido (Lima e Angnes, 1999). Enzimas são biomacromoléculas sustentadas por diversos tipos de interação, as quais determinam a estrutura espacial (tridimensional) da enzima (Santos Filho e Alencastro, 2003). A Figura 1 mostra a estrutura tridimensional da enzima polifeniloxidase (PFO), presente na batata, e que tem papel central nos experimentos descritos neste trabalho.

A estrutura global das biomacromoléculas é responsável pelo encaixe do substrato com elas. Assim, existem regiões definidas da enzima que estão comprometidas com a catálise de um substrato específico, e a forma espacial assumida pela enzima é sumariamente importante para sua correta atividade (Lehninger, 2006). Desse modo, fatores que alterem a

[...] fatores que alterem a configuração espacial de uma enzima são fortemente correlacionados com a atividade enzimática desta, ou seja, existem faixas de temperaturas e de pH nos quais uma determinada enzima apresenta melhor atividade e fora dos quais ela pode estar pouco ativa e até mesmo inativa (Vollhardt, 2004).

configuração espacial de uma enzima são fortemente correlacionados com a atividade enzimática desta, ou seja, existem faixas de temperaturas e de pH nos quais uma determinada enzima apresenta melhor atividade e fora dos quais ela pode estar pouco ativa e até mesmo inativa (Vollhardt, 2004). À total perda de atividade enzimática, dá-se o nome de desnaturação. Desse modo, uma enzima desnaturada não é capaz de catalisar a reação a que se destina (Stryer, 2008). Outro fator importante a ser considerado na atividade enzimática é a presença ou ausência de cofatores enzimáticos: por exemplo, as polifenoloxidasas dependem do íon  $\text{Cu}^{2+}$  para que tenham a atividade biológica esperada (Lertész, 1957) para a hidroxilação de fenóis a difenóis (hidroxilases) e a oxidação de difenóis a quinonas (oxidases).

## Concentração de reagentes

É escopo de estudo da cinética química a influência da concentração dos reagentes de uma reação química, bem como da temperatura na qual ela se processa. Em reações que são biocatalisadas, outro fator pungente é a questão da

bioquímica envolvida nos processos. Dessa maneira, a discussão desses conceitos, tanto cinéticos quanto bioquímicos, pode ser estruturada pelos resultados dos experimentos 1 e 2. A polifenoloxidase (Carvalho, 2005), enzima presente na batata, é responsável pela oxidação de compostos fenólicos.

O escurecimento de tubérculos, frutas e legumes provém da ação enzimática oxidativa da polifeniloxidase em presença de oxigênio molecular nos compostos fenólicos naturais desses alimentos, formando quinonas. Estas, por sua vez, sofrem polimerização, formando pigmentos insolúveis de cor escura, denominados melaninas, ou reagem de modo não enzimático com aminoácidos, proteínas e outros compostos fenólicos, também formando melaninas (Araujo, 1995).

No experimento 1, os cortes de batata foram submetidos a dois ambientes: imerso em água e exposto ao ar. Observou-se experimentalmente que o pedaço de batata exposto ao ar ficou mais escuro que aquele imerso em água. Isso vem ao encontro do mecanismo de funcionamento da polifeniloxidase, visto que ela catalisa uma reação dependente de oxigênio molecular (Figura 2). Acontece que a disponibilidade de  $\text{O}_2$  na água é muito menor que no ar: na água (a  $20^\circ\text{C}$ ), a concentração de oxigênio gira em torno de  $3,16 \times 10^{-3} \% \text{ v/v}$  ( $1,98 \times 10^{-3} \text{ mmol L}^{-1}$ ) contra  $20,95 \% \text{ v/v}$  no ar

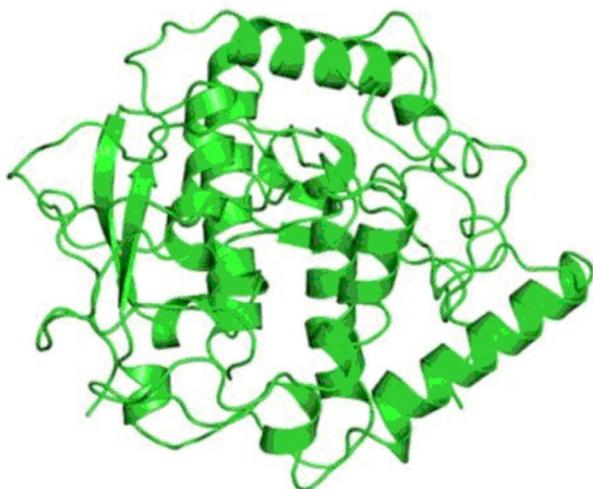


Figura 1: Estrutura tridimensional da polifenoloxidase, PFO (PDB id: 2p3z).

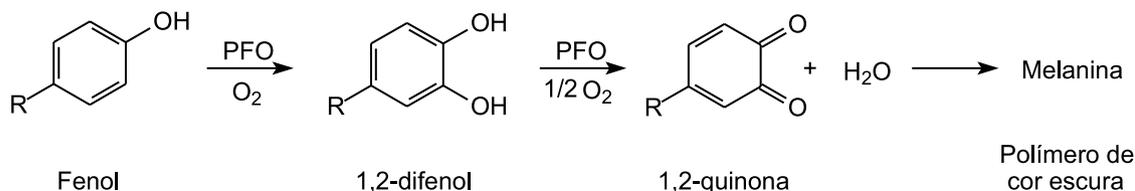


Figura 2: Reação de oxidação enzimática de compostos fenólicos pela polifenoloxidase (PFO).

(Weast, 1982), logo a reação no tubérculo imerso em água é mais lenta.

A polifenoloxidase catalisa a introdução de oxigênio na posição *orto* de um anel aromático e a oxidação subsequente de difenóis às quinonas correspondentes (Figura 2). Estas, por sua vez, por conta de seu caráter altamente eletrofílico, são capazes de se polimerizar e formar pigmentos insolúveis e escuros (Poggi et al., 2003). O fato de o oxigênio ser reagente na catálise promovida pela enzima e o produto final da reação enzimática ser colorido permite caracterizar uma maior extensão reacional para o tubérculo exposto ao ar em relação àquele imerso em água apenas ao observar a coloração de ambos (Figura 3). Isso explica porque o aipim descascado é conservado sob água. Outro aspecto relevante do experimento é o fato de a batata estar cortada. A polifenoloxidase é uma enzima compartimentalizada em células, ou seja, a enzima está mais exposta no caso do tubérculo cortado, assim como também no caso da maçã ou da banana.

O fato de o oxigênio ser reagente na catálise promovida pela enzima e o produto final da reação enzimática ser colorido permite caracterizar uma maior extensão reacional para o tubérculo exposto ao ar em relação àquele imerso em água apenas ao observar a coloração de ambos (Figura 3). Isso explica porque o aipim descascado é conservado sob água. Outro aspecto relevante do experimento é o fato de a batata estar cortada. A polifenoloxidase é uma enzima compartimentalizada em células, ou seja, a enzima está mais exposta no caso do tubérculo cortado, assim como também no caso da maçã ou da banana.

cutis exposto ao freezer teve o maior escurecimento seguido pelo exposto ao ar.

O acentuado escurecimento enzimático do tubérculo exposto ao freezer é devido ao fato de a polifenoloxidase ser uma enzima citoplasmática. Assim, ao levar os cortes de batata para o freezer, os cristais de gelo formados são capazes de romper as células e liberar o conteúdo citoplasmático para o meio intersticial – que

está em contato direto com o oxigênio atmosférico. O rompimento da parede celular é resultado da menor densidade do gelo em relação à água, resultando numa expansão do volume com o resfriamento da massa de água. Dessa maneira, o maior escurecimento enzimático do corte submetido às baixas temperaturas é fruto de uma maior quantidade de enzima em contato com o  $O_2$  do ar. É importante ressaltar que o rompimento de qualquer tecido, seja animal ou vegetal (por superexposição ao oxigênio molecular), promoverá reações paralelas e não enzimáticas, as quais contribuem não só para alteração de cor, mas também de sabor, odor, pH e consistência.

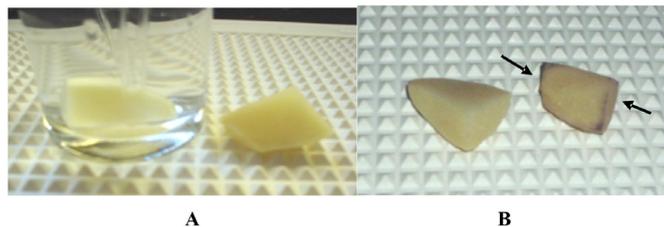


Figura 3: Tubérculo exposto a diferentes concentrações de oxigênio: a) início do experimento; b) final do experimento.

No experimento 2, foi proposto um aumento da concentração enzimática no tubérculo pela exposição de cortes deste em dois ambientes com temperaturas diferentes. Os resultados experimentais (Figura 4) evidenciaram que o

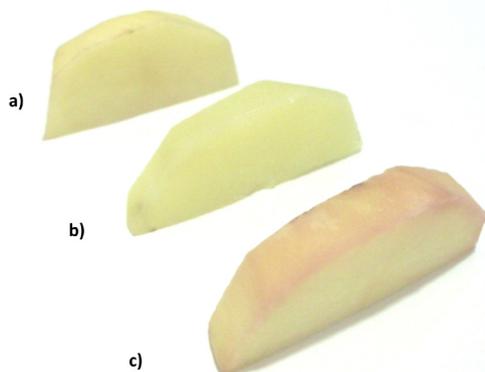
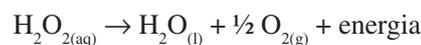


Figura 4: Escurecimento do tubérculo a partir de diferentes concentrações enzimáticas: a) exposição ao ar ( $\sim 25^\circ\text{C}$ ); b) exposição à fervura ( $100^\circ\text{C}$ ); e c) exposição à temperatura de freezer ( $-4^\circ\text{C}$ ).

### Catalisador

A água oxigenada é uma solução que contém peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), comercializada em farmácias com diversas finalidades (especialmente como antisséptico). Quimicamente, o peróxido de hidrogênio é caracterizado pela reatividade da ligação entre os dois oxigênios, a chamada ligação peróxido.

Vendido em concentrações entre 2 a 60% m/m em frascos plásticos, o peróxido de hidrogênio é estável se devidamente armazenado (no escuro e longe de fontes de calor). Sua decomposição libera água, oxigênio molecular e calor. Em soluções diluídas, a água presente absorve o calor liberado. A decomposição do peróxido de hidrogênio é acelerada por metais, pela alcalinidade (aumento do pH), pelo incremento da temperatura, pela presença de catalisadores, dentre outros fatores (Mattos et al., 2003).



O experimento proposto visou observar a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio (solução 3% m/m) na presença do tubérculo como catalisador. Os resultados são facilmente compreensíveis pelo desprendimento do gás oxigênio (Figura 5). Os copos contendo o peróxido de hidrogênio compreendem um controle ou um branco ( $H_2O_2$  somente), padrão positivo ( $H_2O_2$  + tubérculo) e padrão negativo ( $H_2O_2$  + tubérculo cozido). Nesse último caso, devido ao

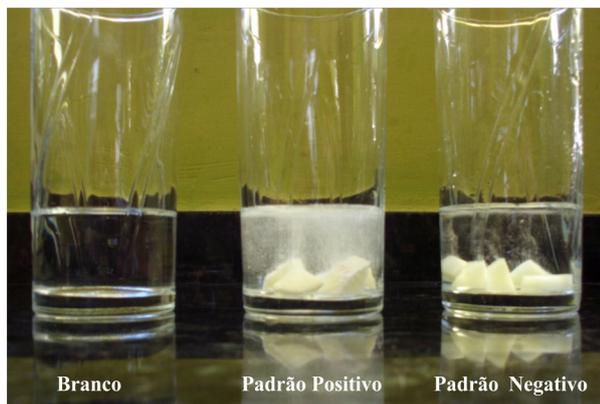


Figura 5: Decomposição do peróxido de hidrogênio: (da esquerda para a direita) branco ( $H_2O_2$ ), positivo ( $H_2O_2$  + batata), negativo ( $H_2O_2$  + batata cozida).

cozimento do tubérculo, houve desnaturação e consequente inativação das enzimas. Sem as enzimas, essa reação não ocorre, pois a decomposição do  $H_2O_2$  é extremamente lenta sem o concurso destas.

O mesmo desprendimento gasoso é observado ao usar o  $H_2O_2$  sobre ferimentos. Esse é resultado da ação de catalase, uma enzima presente nas células do sangue e em tecidos animais e vegetais (Rodrigues e Barboni, 1998).

32

## Temperatura

Nesse experimento, foi proposta a exposição de cortes do tubérculo a ambientes em temperaturas diferentes. Os resultados experimentais (Figura 6) evidenciaram que o corte exposto ao ar teve o maior escurecimento, seguido pelo exposto ao calor e, posteriormente, exposto à refrigeração (geladeira).

Ao pedaço refrigerado, não houve indícios de escurecimento enzimático. Silva (2000) afirma que temperaturas abaixo das condições do ambiente são utilizadas para retardar as reações químicas e enzimáticas de forma que quanto menor for a temperatura, menor será a ação enzimática. Já no caso do corte de tubérculo exposto ao ambiente, já explicado anteriormente, é facilmente observado o produto da reação enzimática. Menos visível é o aspecto do tubérculo exposto ao calor: a polifeniloxidase tem sua atividade diminuída em função da desnaturação enzimática provocada pelo calor. Em temperaturas elevadas, como a de cozimento, a atividade enzimática é totalmente suprimida. Essa é a razão que justifica o não escurecimento da batata pré-frita congelada comercializada nas redes de supermercados e nas lanchonetes. Estas sofrem dois processos de cozimento: o branqueamento pelo banho e pela fervura em água (às vezes, com suco de limão); e fritura a 150-180°C em gordura vegetal (SEBRAE, 2012).



Figura 6: Escurecimento do tubérculo a partir de diferentes temperaturas: exposição ao calor, à temperatura do laboratório e à refrigeração.

## Considerações finais

O ensino teórico e prático de química tem mostrado aos alunos, e principalmente aos professores, a necessidade dessa interação, uma vez que a consolidação dos conhecimentos adquiridos, da percepção da relação direta entre a química e o meio ambiente em que vivemos e até a desmitificação de que a química é uma ciência para superdotados são consequências obtidas por essa parceria. O entendimento de um processo químico pode advir da observação e da análise de

O entendimento de um processo químico pode advir da observação e da análise de um experimento real. A simples observação visual da alteração de alimentos como a batata permite a explicação de conceitos de química nesse processo. Aulas desse tipo podem ser estruturadas para um período de aula, visto que aguça a inculturação nos alunos de uma atitude crítica e empreendedora para o saber e mostra a inter-relação da química com outras áreas do conhecimento humano.

um experimento real. A simples observação visual da alteração de alimentos como a batata permite a explicação de conceitos de química nesse processo. Aulas desse tipo podem ser estruturadas para um período de aula, visto que aguça a inculturação nos alunos de uma atitude crítica e empreendedora para o saber e mostra a inter-relação da química com outras áreas do conhecimento humano. Esse é o resultado mais importante obtido neste trabalho, pois os alunos, em geral, não suspeitavam que

experimentos tão simples pudessem mostrar conceitos que seriam bem mais difíceis de serem explicados em uma aula expositiva convencional.

**Fábio Junior Moreira Novaes** (fabiojmnovaes@yahoo.com.br), licenciado em Química e mestre em Química Orgânica pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ/UFRJ), é professor de Química da rede estadual no Rio de Janeiro (RJ). Rio de Janeiro, RJ – BR. **Daniel Lima Marques de Aguiar** (daniel\_lma@yahoo.com.br), farmacêutico pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), mestre em Química pelo IQ/UFRJ, é doutorando em Química de Produtos Naturais pelo NPPN/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Milena Barbosa Barreto** (milabtto@yahoo.com.br), licenciada em Química pela Universidade Estadual do Ceará (UECE), mestre em Química Orgânica pela Universidade Federal do Ceará (UFC), é doutoranda em Química de Produtos Naturais pelo NPPN/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Júlio Carlos Afonso** (julio@iq.ufrj.br), graduado em Química e Engenharia Química e doutor em Engenharia Química pelo IRC/CNRS (França), é professor associado do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR.

## Referências

- ARAÚJO, M.A. *Química de alimentos*. Teoria e prática. Viçosa: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- BERG, J.M.; TYMOCZKO, J.L. e STRYER, L. *Bioquímica*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- CARVALHO, L.C.; LUPETTI, K.O. e FATIBELLO-FILHO, O. Um estudo sobre a oxidação enzimática e a prevenção do escurecimento de frutas no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 22, p. 48-50, 2005.
- FILHO, J.R.F. e CELESTINO, R.M.C.S. Investigação da construção do conceito de reação química a partir dos conhecimentos prévios e das interações sociais. *Ciências & Cognição*, v. 15, n. 1, p. 187-198, 2010.
- GUIMARÃES, C.C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, n. 31, p. 198-202, 2009.
- HIOKA, N.; SANTIN FILHO, O.; MENEZES, A.J.; YONEHARA, F.S.; BERGAMASKI, K. e PEREIRA, R.V. Pilhas de Cu/Mg construídas com material de fácil obtenção. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 40-44, 2000.
- KERTÉSZ, D. State of copper in polyphenoloxidase (Tyrosinase). *Nature*, v. 180, p. 506-507, 1957.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L. e COX, M.M. *Princípios de bioquímica*. Trad. A.A. Simões et al. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006.
- LIMA, A.W.O. e ANGNES, L. Biocatálise em meios aquo-restritos: fundamentos e aplicações em química analítica. *Química Nova*, v. 22, n. 2, p. 229-245, 1999.
- LIMA, J.F.L.; PINA, M.S.L.; BARBOSA, R.M.N. e JÓ-FILI, Z.M.S. A contextualização no ensino da cinética química. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 26-29, 2000.
- MATTOS, I.L.M.; SHIRAIISHI, K.A.; BRAZ, A.D. e FERNANDES, J.R. Peróxido de hidrogênio: importância e determinação. *Química Nova*, v. 26, n. 3, p. 373-380, 2003.
- POGGI, V.; MARRI, C.; FRAZZOLI, A. e HOCHKOEPLER, A. Purification of a polyphenol oxidase isoform from potato (*Solanum tuberosum*) tubers. *Phytochemistry*, v. 63, p. 745-752, 2003.
- RODRIGUES, A.A.A.O. e BARBONI, S.A.V. Revisão bibliográfica sobre a ausência da atividade da catalase em humanos: importância deste conhecimento para cirurgiões-dentistas. *Sitientibus*, n. 19, p. 87-98, 1998.
- RODRIGUES, D.H.S. e OLIVEIRA, A.C. Avaliação de uma proposta contextualizada sobre o ensino de polarimetria nos cursos de farmácia e engenharia de alimentos, na Universidade Federal do Ceará. *Química Nova*, v. 32, n. 1, p. 250-256, 2009.
- SANTOS FILHO, O.A. e ALENCASTRO, R.B. Modelagem de proteínas por homologia. *Química Nova*, v. 26, n. 2, p. 253-259, 2003.
- SILVA, E.R. e SILVA, R.R.H. *Conservação de alimentos*. São Paulo: Scipione, 1997.
- SILVA, J.A. *Tópicos da tecnologia dos alimentos*. São Paulo: Varela, 2000.
- SILVA, R.R.; MACHADO, P.F.L. e TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W.L.P. e MALDANER, O.A. (Eds.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, p. 231-261.
- SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas. *Fabricação de batatas pré-fritas congeladas*. Disponível em: <http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=2876&>. Acessado em maio 2012.
- SOUZA, K.A.F.D. e NEVES, V.A. *Fatores que afetam a atividade enzimática*. Disponível em: [http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas\\_proteinas/atividade\\_enzimatica.htm](http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_proteinas/atividade_enzimatica.htm). Acessado em: dez. 2011.
- VALADARES, E.C. Proposta de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade. *Química Nova na Escola*, n. 13, p. 38-40, 2001.
- VIEIRA, H.J.; FIGUEIREDO-FILHO, L.C.S. e FATIBELLO-FILHO, O. Um experimento simples e de baixo custo para compreender a osmose. *Química Nova na Escola*, n. 26, p. 40-43, 2007.
- VOLLHARDT, K.P.C. e SCHORE, N.E. *Química orgânica: estrutura e função*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- WEAST, R. *Handbook of chemistry and physics*. 53. ed. Boca Ration: The Chemical Rubber Company, 1982, p. B-126.
- ZANON, L.B. e PALHARINI, E.M. A química no ensino fundamental de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 15-18, 1995.

### Para saber mais

- CAMPOS, A. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANDÃO, N.; SILVEIRA, E. P. DA; OSÓRIO, V. A. e AUGUSTIN, E. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 7, p. 637-643, 2004.
- PDB. Protein Data Bank. Disponível em: <http://www.rcsb.org/pdb>.

**Abstract:** Simple experimental activities for the understanding of concepts on enzymatic kinetics: *Solanum tuberosum* L. – a versatile alternative. Changes in experimental parameters such as concentration of reactants, temperature, catalytic activation and inhibition are currently observed through darkening of vegetables, fruits and tubercles. All are related to the chemical-enzymatic action of the enzyme polyphenol oxydase (PPO). Storage in a refrigerator retards this phenomenon, whereas other factors can accelerate it. The main objective of this work is to prepare a viable class based on inexpensive materials which allows the students to study in a pleasant manner the chemical-enzymatic kinetics based on the visual changes on potato samples (*Solanum tuberosum* L.).

**Keywords:** Potato, chemical-enzymatic kinetics, chemical practice.