



Inibição enzimática da urease por produtos naturais: uma atividade experimental simples e de baixo custo para trabalhar química orgânica

D. A. Silva^a, E. R. Crespan^b, R. B. Romero^c, A. L. Romero^d

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Química,

Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, Campo Mourão/PR, CEP 87301-899, Caixa Postal: 271.

ARTICLE INFO

Recebido:

Aceito:

Palavras chave:

Ensino de química.
Produtos naturais.
Atividade experimental.

E-mail:

kdeisi_kontigo@hotmail.com,
crespan@utfpr.edu.br,
rbromero@utfpr.edu.br,
adrianoromero@utfpr.edu.br

ISSN 2007-9842

© 2015 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The teaching of organic chemistry, in basic education, have been carried out in such a way as mechanical and little significant, with emphasis on classifications and nomenclatures of little value to the understanding of daily facts of the students. Contrasting to this reality, we believe that the knowledge of organic chemistry should contribute in the students in broaden their reading of world, and for assist it; for example, understanding the action of drugs to combat a disease. There is a very interesting example, which can be exploited by teachers of chemistry and biology; it consists in to use urease enzyme. This sustance is used as a survival mechanism, in strongly acid medium, by *Helicobacter pylori*, a bacteria that can cause chronic gastritis and peptic ulcers. One of the strategies to combat these diseases consists in treatment with drugs that act on the inhibition of the enzyme urease. In this context, this work presents a proposal of experimental activity that simulates the inhibition of urease by natural products present in essential oils and/or aqueous extracts of spices. As biological model of urease may, according to the literature, using the aqueous extract obtained from soybeans. The proposed activity is based on the fact that, the urea in the presence of urease, which is degraded to ammonia, increases the pH of the medium that can be easily detected with the use of acid-base indicators. The most suitable indicator for this evaluation is the bromothymol blue, which has yellow at pH below 6.6, is blue at pH above 7.6 and a green coloration shows pH intermediate. Inhibitory substances of urease prevent the degradation of urea, and then the pH of the medium is not increased, therefore is not observed change in the indicator color. Depending on the natural product used is observed partial inhibition, complete or no effect on the enzyme urease. From the results obtained, the teacher should lead a discussion about the correlation of molecular structures and the functional groups present in the substances evaluated, the effects observed. In addition to the contents directly involved, the teacher can explore the role of the professional of chemistry and of the advancement of science in the study of drugs more potent and with fewer side effects.

O ensino de química orgânica, na educação básica, tem sido realizado de forma mecânica e pouco significativa, com ênfase em classificações e nomenclaturas de pouco valia para o entendimento de fatos do cotidiano do aluno. Contrapondo a esta realidade, acreditamos que o conhecimento da química orgânica deveria contribuir para o aluno ampliar a leitura de mundo e auxiliar, por exemplo, a compreender a ação de fármacos para combater uma determinada enfermidade. Um exemplo bastante interessante, e que pode ser explorado por professores de química e de biologia, consiste na enzima urease que é utilizada como mecanismo de sobrevivência, em meio fortemente ácido, pela *Helicobacter pylori*, bactéria que pode causar gastrite crônica e úlceras pépticas. Uma das estratégias para combater estas doenças consiste no tratamento com fármacos que atuem na inibição da enzima urease. Neste contexto, este trabalho apresenta uma proposta de atividade experimental que

simula a inibição da urease por produtos naturais presentes em óleos essenciais e/ou extratos aquosos de condimentos. Como modelo biológico de urease pode, segundo dados da literatura, utilizar o extrato aquoso obtido de grãos de soja. A atividade proposta baseia-se no fato de que a uréia, em presença de urease, é degradada em amônia, aumentando o pH do meio que pode ser facilmente detectado com a utilização de indicadores ácido-base. O indicador mais adequado para esta avaliação é o azul de bromotimol, que possui coloração amarela em pH abaixo de 6,6, coloração azul em pH acima de 7,6 e coloração verde em pH intermediário. Substâncias inibidoras de urease impedem a degradação da uréia, logo o pH do meio não é aumentado, por consequência não se observa modificação da coloração do indicador. Dependendo do produto natural utilizado observa-se inibição parcial, completa ou nenhum efeito sobre a enzima urease. A partir dos resultados obtidos, o professor deverá conduzir uma discussão sobre a correlação das estruturas moleculares e os grupos funcionais, presentes nas substâncias avaliadas, aos efeitos observados. Além dos conteúdos diretamente envolvidos, o professor poderá explorar o papel do profissional da química e do avanço da ciência no estudo de fármacos mais potentes e com menores efeitos colaterais.

I. INTRODUÇÃO

A experimentação é considerada, por muitos alunos que a vivenciam, uma forma prazerosa de aprender os conceitos científicos em aulas de química. Esta argumentação vai de encontro à opinião dos professores de química, que relatam que a experimentação desperta um forte interesse entre alunos de diversos níveis de escolarização, aumenta a capacidade de aprendizado e funciona como meio de envolver o aluno nos temas em pauta (Giordan, 1999; Galiazzi, 2004; Farias *et al.*, 2009).

Autores da área de ensino de química como Francisco *et al.* (2008) e Giordan (1999) defendem que as atividades experimentais devem permear a relação ensino-aprendizagem de conceitos científicos, uma vez que a experimentação como abordagem didática permite um novo entendimento sobre fenômenos comuns e, ao mesmo tempo, os conceitos abstratos adquirem significados mais concretos. Segundo Maldaner & Piedade (1995) a partir da realização de atividades experimentais os alunos começam a usar o pensamento químico, mediado pela linguagem química e por alguns conceitos em fase inicial de formação. No entanto, para que estes resultados sejam alcançados são necessárias que haja condições para que esses trabalhos possam ser executados, assim como reflexões que procurem identificar aspectos importantes de um experimento, com os quais se torne mais provável a ocorrência da motivação e o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Baseado nestes referências teóricas, os trabalhos desenvolvidos no âmbito do Programa de Iniciação à Docência da UTFPR Campo Mourão:PR, tem procurado trabalhar com atividades experimentais problematizadoras que exploram temas do cotidiano do aluno, permitindo, desta forma a articulação entre os conhecimentos espontâneos trazidos pelos alunos no momento da investigação e os conhecimentos científicos adquiridos por meio da análise e reflexão (Silva *et al.*, 2013).

Nesta modalidade de experimentação os estudantes têm a possibilidade de realizar, registrar, discutir com os colegas, refletir, levantar hipóteses, avaliar as hipóteses e explicações, discutir com o professor todas as etapas do experimento. O aluno passa a assumir desafios não como ponto de chegada, mas de partida, pois cada novo desafio gera outro em um processo continuado de aprendizagem. Na pedagogia problematizadora, o professor deve suscitar nos estudantes o espírito crítico, a curiosidade, a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido (Maldaner & Piedade, 1995; Galiazzi & Gonçalves, 2004).

No que se refere ao ensino de química orgânica, na educação básica, observa-se que este tem sido realizado de forma mecânica e pouco significativa, com ênfase em classificações e nomenclaturas de pouco valia para o entendimento de fatos do cotidiano do aluno. Apesar da existência de trabalhos que exploram diferentes metodologias para o ensino desta disciplina, muito pouco tem sido aproveitado pelos professores da educação básica. Contrapondo a esta realidade, acreditamos que o conhecimento da química orgânica deveria contribuir para o aluno ampliar a leitura

de mundo e auxiliar, por exemplo, a compreender a ação de fármacos para combater uma determinada enfermidade. Um exemplo bastante interessante, e que pode ser explorado por professores de química e de biologia, consiste na enzima urease que é utilizada como mecanismo de sobrevivência, em meio fortemente ácido, pela *Helicobacter pylori* - bactéria que pode causar gastrite crônica e úlceras pépticas. Uma das estratégias para combater estas doenças consiste no tratamento com fármacos que atuem na inibição da enzima urease.

Nesta perspectiva, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta que simula a inibição da urease por produtos naturais presentes em óleos essenciais e/ou extratos aquosos de condimentos. Trata-se de uma atividade experimental que possibilita romper com a forma mecânica e pouco significativa com que o ensino de química orgânica, tem sido realizado, na educação básica. Paralelamente, são discutidos, também, alguns tópicos que poderão ser utilizados em disciplinas de química orgânica em curso de graduação em química.

I.1 Inibição enzimática como tópico para ensinar química orgânica

As enzimas são proteínas especializadas que atuam como catalisadores em reações biológicas. Estas biomoléculas atuam, geralmente, de forma específica em um determinado substrato. O substrato liga-se à enzima num sítio especial desta, chamado sítio ativo, onde ocorre a reação enzimática. Essa é a região da enzima que possui certos aminoácidos que se ligam ao substrato através de interações intermoleculares (Almeida *et al.*, 2008).

As enzimas estão presentes em todos os organismos vivos. E em determinadas situações, este fato, associado ao entendimento da atuação destas biomoléculas, pode ser útil, por exemplo, para combater determinadas enfermidades causadas por organismos exógenos, tais como vírus, bactérias e fungos. Uma estratégia utilizada para combater estes micro-organismos é a inibição de enzimas essenciais à manutenção da vida. Os antibióticos β -lactâmicos, por exemplo, inibem irreversivelmente a enzima transpeptidase, que catalisa a reação de transpeptidação entre as cadeias de peptideoglicana, conferindo à parede celular uma estrutura rígida importante para a proteção da célula bacteriana contra as variações osmóticas (Guimarães *et al.*, 2010).

O escurecimento de frutas, vegetais e sucos de frutas é um dos principais problemas na indústria de alimentos.

Este fenômeno é observado quando deixamos um alimento ou fruta exposto ao ar, e ocorre devido à ação da enzima polifenol oxidase, que provoca oxidação dos compostos fenólicos naturais presentes nos alimentos, resultando na formação de pigmentos escuros. A partir desta realidade, Carvalho *et al.* (2005) propuseram um experimento para observar o escurecimento de frutas e inibir a oxidação enzimática utilizando ácido ascórbico e ácido cítrico.

Os dois exemplos apresentados anteriormente exploram a importância da inibição enzimática como forma de controlar processos biológicos indesejáveis. O entendimento desses mecanismos pode ser extrapolado para as mais variadas situações que envolvem reações enzimáticas.

As inibições enzimáticas podem ocorrer através de processos reversíveis ou irreversíveis, de acordo com a estabilidade gerada pela ligação do inibidor com a enzima. Os inibidores irreversíveis se ligam as enzimas inativando-as e apresentam elevada toxicidade para o organismo já que não são específicos. Já os inibidores reversíveis podem ser divididos em dois grupos: (1) os competitivos apresentam configuração semelhante ao substrato e por isso são capazes de se ligarem ao centro ativo da enzima. (2) os não-competitivos não possuem semelhança estrutural com o substrato de reação que inibem. O efeito destes inibidores se dá pela interação com resíduos de aminoácidos que não pertencem ao sítio ativo da enzima.

Outro exemplo interessante que envolve a atuação enzimática refere-se ao mecanismo de sobrevivência da bactéria *Helicobacter pylori* em meio fortemente ácido. Esta bactéria coloniza a mucosa gástrica dos seres humanos e pode causar gastrite crônica e doenças de úlceras pépticas, incluindo linfoma do tecido linfóide associado à mucosa. O mecanismo de sobrevivência desta bactéria em meio fortemente ácido esta associado a sua capacidade de secretar urease, que transforma a uréia presente no ácido gástrico em amônia, elevando o pH ao redor da bactéria possibilitando sua colonização (Wannmacher, 2007).

Atualmente, o controle da bactéria *H. pylori* é feita pelo uso de antibióticos, tais como amoxicilina e claritromicina.

No entanto, sabe-se que o uso de tais substâncias esta associada à resistência microbiana. Diante deste fato, desde 28 de novembro de 2010, no Brasil, a venda de antibióticos em farmácias e drogarias só é autorizada pela apresentação de receita médica (resolução RDC 44, de 26 de outubro de 2010, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Esta ação tem o objetivo de evitar o uso indiscriminado de antibiótico pela população e conter a resistência de bactérias.

II. METODOLOGIA

A atividade ora relatada trata-se de uma proposta que simula a inibição da urease por produtos naturais presentes em óleos essenciais e/ou extratos aquosos de condimentos. Esta atividade foi desenvolvida no âmbito do Programa de Iniciação à Docência (Pibid) e aplicada com dois alunos de ensino médio durante o evento de extensão "Química nas Férias"¹, promovido pela UTFPR - Campo Mourão/PR, no período de 15-19/07/2013. A atividade foi realizada em dois dias, distribuídos em quatro períodos de 3h cada, sob a orientação de uma pibidiana de química da UTFPR.

II.1 Obtenção do extrato aquoso de soja (*Glycine max*)

Manteve-se 10 g de grãos de soja em 100 ml de água por 1 hora. Após este período, esta mistura foi triturada, com auxílio de um liquidificador, até consistência cremosa (~ 5 minutos). Filtrou-se a mistura através de um sistema de funil analítico/papel de filtro (como material alternativo pode-se utilizar filtro de café). O filtrado obtido constitui-se em uma solução aquosa com alta concentração de urease. A solução de urease utilizada nas avaliações descritas a seguir foi preparada a partir da diluição de 10 ml do filtrado em um balão volumétrico de 100 ml.

II.2 Avaliação da atividade ureásica

Em um tubo de ensaio adicionou-se 3 ml de extrato aquoso de soja, 1 ml de solução aquosa de uréia 1 mol/l e gotejou-se 2 gotas do indicador azul de bromotimol. O tubo foi deixado em banho-maria, a 35 °C, por 15 minutos. Ao final deste período, observou-se o desenvolvimento de coloração azul para testes positivos e a permanência da coloração do indicador (amarelo) para testes negativos.

II.3 Avaliação da atividade inibidora de urease

Em um tubo de ensaio adicionou-se 3 ml de extrato aquoso de soja e 1 ml do produto natural a ser avaliado. Esta mistura permaneceu em banho-maria a 35 °C por 15 minutos. Em seguida, adicionou-se 1 ml de solução aquosa de uréia 1 mol/l e gotejou-se 2 gotas do indicador azul de bromotimol. O tubo foi deixado em banho-maria, a 35 °C, por mais 15 minutos.

Após estas duas etapas observou-se a coloração desenvolvida em cada teste e classificou-se o efeito observado como sendo de inibição parcial, completa ou nenhum efeito sobre a enzima urease.

¹ Participaram deste evento dezesseis alunos de ensino médio de diferentes colégios estaduais da cidade de Campo Mourão:PR. A seleção dos alunos participantes foi realizada pela equipe técnica do Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão, com apoio dos professores de química dos colégios.

II.3 Efeito da temperatura na atividade inibidora de urease

Para este estudo utilizou-se a mesma metodologia descrita na seção II.3, com exceção das temperaturas nas quais o tubo de ensaio ficava imerso. Utilizaram-se três temperaturas diferentes: 0 °C (banho de gelo), temperatura ambiente (~ 25 °C) e 60 °C (banho-maria).

II.4 Efeito da concentração na atividade inibidora de urease

Para este estudo utilizou-se a mesma metodologia descrita na seção II.3, com exceção das concentrações dos produtos naturais avaliados. Utilizaram-se soluções acetônicas dos produtos naturais nas concentrações de 100, 1.000 e 10.000 ppm. As soluções de 1.000 e 100 ppm foram preparadas a partir da diluição da solução mais concentrada.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como motivador para realização da atividade experimental, utilizou-se alguns fatos científicos sobre as doenças gástricas ocasionadas pela bactéria *Helicobacter pylori*, assim como seu mecanismo de sobrevivência no estômago, cujo pH é fortemente ácido. Neste momento, buscou-se explorar os conteúdos químicos envolvidos, assim como levantar o conhecimento prévio dos alunos sobre esta temática.

Conhecido o mecanismo de sobrevivência da *H. pylori*, discutiu-se com os alunos sobre possíveis métodos de controlar esta bactéria e por consequência as doenças decorrentes dela. Durante esta discussão, um dos métodos de controle citado foi o uso de antibióticos. Esta colocação já era esperada, uma vez que a maioria da população brasileira, até pouco tempo atrás, fazia uso indiscriminado de antibióticos, tornando esta classe de fármaco bastante popular.

Após a apresentação e discussão da problemática, a atividade experimental foi iniciada com a obtenção do extrato aquoso de soja (*Glycine max*). Neste momento, discutiu-se sobre a analogia de proteínas/enzimas de mesma função oriundas de organismos vivos diferentes. Tal discussão é abordada em alguns livros didáticos de biologia de ensino médio, no entanto é pouco explorada na educação básica, uma vez que requer certos conhecimentos de química que os alunos do 1º ano não possuem.

O primeiro teste realizado consistiu em avaliar a atividade ureásica do extrato de soja. Esta atividade baseia-se no fato de que a uréia, em presença de urease, é degradada em amônia, aumentando o pH do meio que pode ser facilmente detectado com a utilização de indicadores ácido-base. O indicador mais adequado para esta avaliação é o azul de bromotimol, que possui coloração amarela em pH abaixo de 6,6, coloração azul em pH acima de 7,6 e coloração verde em pH intermediário (Figura 1). O aspecto visual observado nesta avaliação, que consiste em uma transformação química do azul de bromotimol, foi relacionada com as formas estruturais do indicador em pH ácido e básico (Figura 1).

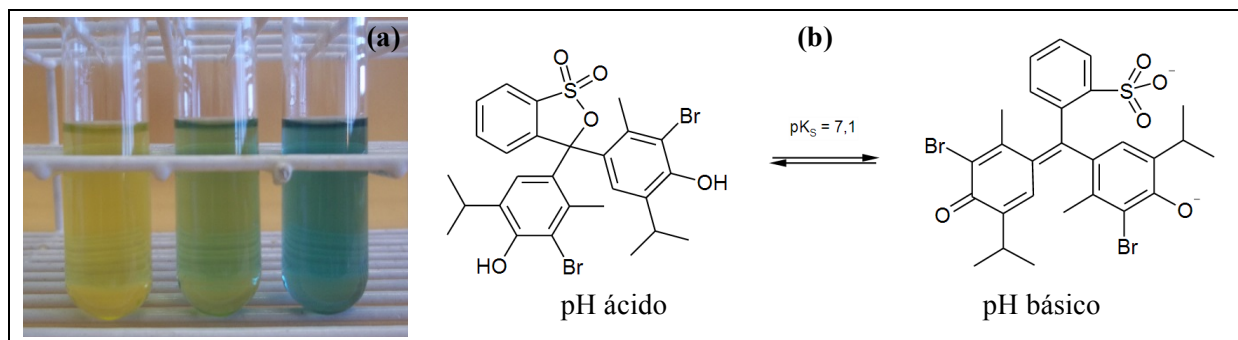


FIGURA 1. (a) Aspecto visual observado para o indicador azul de bromotimol em pH ácido (amarelo), neutro (verde) e básico (azul); (b) formas estruturais do azul de bromotimol em pH ácido e básico.

Alternativamente, a atividade ureásica poderá ser avaliada utilizando indicadores naturais de pH, tal como o repolho roxo (Almeida *et al.*, 2010). Estes autores propõem atividades experimentais que permitem explorar o efeito da temperatura e do pH na atividade ureásica. Em nosso caso, estudou-se apenas a influência da temperatura na atividade ureásica, já que a metodologia escolhida para estudar os efeitos dos produtos naturais sobre a urease consiste em monitorar a variação do pH.

O resultado observado no teste de influência da temperatura na atividade ureásica é apresentado na Figura 2. Esta avaliação possibilitou, ao aluno, identificar em qual faixa de temperatura a enzima urease possui maior atividade.

Observou-se que em baixa temperatura a atividade enzimática é menor do que nas temperaturas de 25 e 60 °C, nas quais a urease apresentou atividade qualitativamente semelhante (Figura 2). No entanto, como os experimentos foram realizados em dias diferentes, nos quais havia previsão de oscilação de temperatura ao longo do dia, optou-se em realizar os testes em banho-maria a 35 °C (temperatura mínima de funcionamento do equipamento utilizado)².

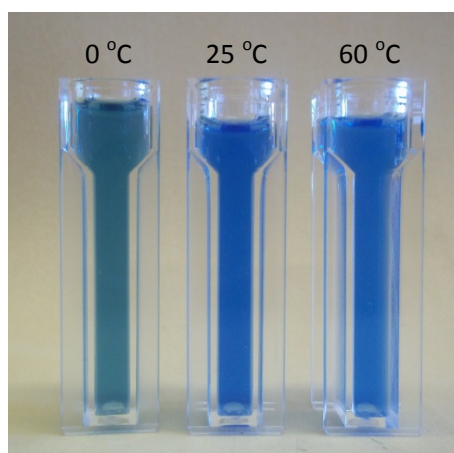


FIGURA 2. Aspecto visual observado na avaliação do efeito da temperatura na inibição da urease.

Definido as condições experimentais para visualização da atividade ureásica, na sequência, iniciou-se as avaliações dos efeitos de alguns produtos naturais na atividade ureásica. Para isto, foram avaliados quatro produtos naturais comuns em alimentos e plantas aromáticas, geralmente, disponíveis em laboratórios de química orgânica, a saber: eugenol, vanilina, *p*-anisaldeído e cânfora (Figura 3).

² As avaliações do efeito de produtos naturais na atividade inibidora de urease foram realizadas paralelamente em condições ambientes, obtendo-se resultados semelhantes aos de temperatura controlada.

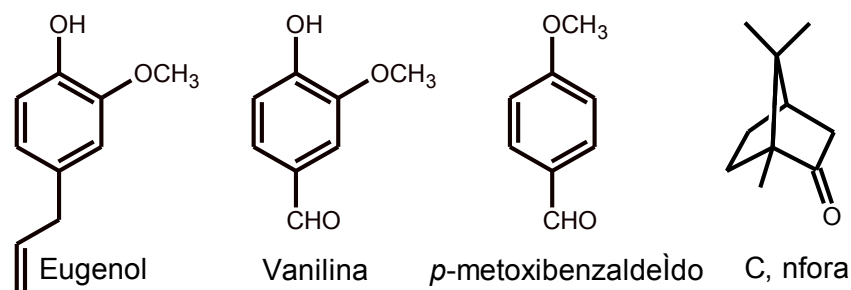


FIGURA 3. Estruturas moleculares dos produtos naturais avaliados neste trabalho.

Para cada produto natural avaliado, os alunos, por intermédio da pibidiana, realizaram as interpretações e discussões dos resultados obtidos. Cada novo conjunto de resultado foi comparado ao anterior, buscando-se compreender/explorar as diferenças e semelhanças à luz das estruturas moleculares.

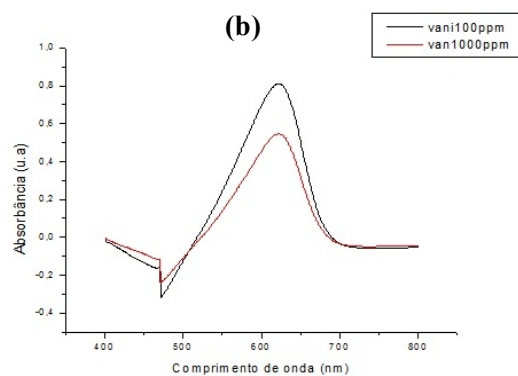
Substâncias inibidoras de urease impedem a degradação da uréia, logo o pH do meio não é aumentado, por consequência não se observa modificação da coloração do indicador. Dependendo do produto natural utilizado observa-se inibição parcial, completa ou nenhum efeito sobre a enzima urease. Neste momento, discutiu-se, do ponto de vista bioquímico, algumas características da inibição enzimática, tal como a classificação dos inibidores em reversíveis ou irreversíveis, de acordo com a estabilidade gerada pela sua ligação com a enzima.

Nas avaliações com os produtos naturais eugenol e *p*-metoxibenzaldeído observou-se que todos os testes realizados, independente da concentração, adquiriram coloração azul, indicando que a atividade ureásica não foi influenciada pelos compostos avaliados.

Na avaliação com a vanilina observou-se inibição da atividade ureásica dependente da concentração (Figura 4a).

Para a concentração de 100 ppm observa-se desenvolvimento de coloração azul, indicando que a atividade ureásica não sofreu influência pela presença da vanilina. Para a concentração de 10.000 ppm observa-se que a coloração do indicador não foi alterada, ou seja, não houve alteração do pH, indicando que nesta concentração a vanilina atua como inibidora da atividade ureásica. Já para a concentração intermediária observa-se inibição parcial da atividade ureásica.

Em nosso caso, os alunos participantes do evento "Química nas Férias" avaliaram, paralelamente, a atividade ureásica utilizando espectrofotometria na região do visível (Figuras 4b e 5b). O uso deste equipamento foi realizado apenas para propiciar a estes alunos contatos com equipamentos mais sofisticados, geralmente utilizados em indústrias e centros de pesquisa. A partir da comparação dos resultados obtidos visualmente e pelo espectrofotômetro, os alunos perceberam que o monitoramento qualitativo da atividade ureásica pode ser realizado por métodos simples e de baixo custo com a mesma qualidade e eficiência do que um método mais caro e pouco acessível para a realidade da educação básica.



(a)

FIGURA 4. (a) Aspecto visual e (b) Perfil espectrofotométrico observado na avaliação do efeito da vanilina sob a enzima urease.

O mesmo comportamento apresentado pela vanilina, na concentração de 1.000 ppm, é observado para as três concentrações na qual a cânfora foi avaliada (Figura 5). Estes resultados indicam que a cânfora, independente da concentração utilizada, atua como inibidora parcial da enzima urease.

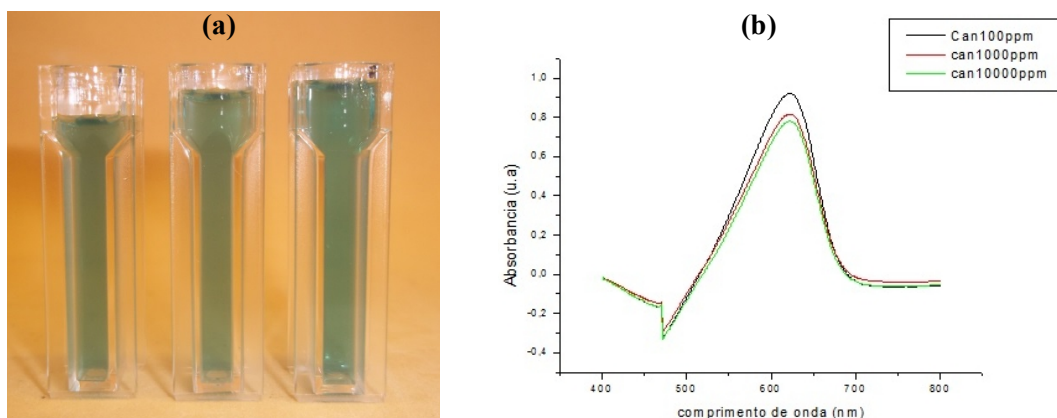


FIGURA 5. (a) Aspecto visual e (b) Perfil espectrofotométrico observado na avaliação do efeito da cânfora sob a enzima urease.

Durante a realização da atividade, os alunos foram orientados a relacionarem as evidências experimentais com as estruturas moleculares dos produtos naturais avaliados. Algumas perguntas feitas pela pibidiana auxiliaram os alunos a refletirem e explorarem os resultados obtidos.

Qual (is) o(s) grupo(s) funcional(is) presente(s) nas estruturas dos compostos? Quais as semelhanças e diferenças estruturais entre os produtos naturais avaliados? Estas semelhanças ou diferenças podem estar associadas aos resultados obtidos? Quais tipos de interações intermoleculares poderiam existir entre os produtos naturais e a enzima urease?

Este tipo de abordagem faz com que os conceitos trabalhados em química orgânica - tais como representação e classificação de estruturas orgânicas, nomenclatura e identificação de grupos funcionais - tenham um significado prático e sejam compreendidos pelos alunos.

IV. CONCLUSÃO

A atividade relatada permitiu explorar vários conceitos inerentes à química orgânica de forma contextualizada e interdisciplinar. A experimentação, por sua vez, permitiu a manipulação de vidrarias e reagentes, a observação, a reflexão e comunicação de dados experimentais, a partir de atividades utilizando materiais simples e de baixo custo.

Durante a execução da atividade experimental os alunos foram inseridos no contexto do profissional da química, onde discussões, como as colocadas sobre a atuação de fármacos permitem compreender o avanço das pesquisas visando à obtenção de fármacos mais potentes e com menores efeitos colaterais.

A atividade permite explorar, ainda, extratos aquosos de condimentos, tais como orégano (*Origanum vulgare*), tomilho (*Thymus vulgaris*) e manjerição (*Ocimum basilicum*), assim óleos essenciais adquiridos em farmácias de manipulação ou em lojas de comercializam produtos naturais.

É importante ressaltar que a atividade experimental relatada nesse estudo pode ser replicada para trabalhar conceitos de química orgânica e de inibição enzimática em disciplinas de química ou de biologia na educação básica.

Além disso, o exemplo de atividade experimental e os conceitos discutidos nesse trabalho podem ser utilizados, também, em disciplinas de Química Orgânica e de Bioquímica em cursos de graduação.

Para disciplinas de química do ensino médio sugere-se que estas atividades sejam trabalhadas de forma interdisciplinar, ou seja, que sejam exploradas paralelamente com um professor de biologia que poderá auxiliar os alunos a entenderem o papel das enzimas em diferentes metabolismos de organismos vivos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério da Educação (MEC)/Secretaria de Educação Superior (SESu), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e a Fundação Araucária pelo o apoio concedido para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Almeida, V. V., Bonafé, E. G., Stevanato, F. B., Souza, N. E., Visentainer, J. E. L., Matsushita, M. & Visentainer, J. V. (2008). Catalisando a hidrólise da uréia em urina. *Química Nova na Escola*, 28, 42-46.

Carvalho, L. C., Lupetti, K. O. & Fatibello-Filho, O. (2005). Um estudo sobre a oxidação enzimática e a prevenção do escurecimento de frutas no ensino médio. *Química Nova na Escola*, 22, 48-50.

Farias, C. S., Basaglia, A. M. & Zimmermann, A. (2009). *A importância das atividades experimentais no ensino de química*. Anais do 1º Congresso Paranaense de Educação em Química. Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/cpequi/Completoespagina/18274953820090622.pdf>. Acesso em: 22/01/2013.

Francisco Jr., W. E., Ferreira, L. H. & Hartwig, D. R. (2008). Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. *Química Nova na Escola*, 30, 34-41.

Galiazzi, M. C. & Gonçalves, F. P. (2004). A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. *Química Nova*, 27(2), 326-329.

Giordan, M. (1999). O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, 10, 43-49.

Guimarães, D. O., Momesso, L. S. & Pupo, M. T. (2010). Antibióticos: importância terapêutica e perspectivas para a descoberta e desenvolvimento de novos agentes. *Química Nova*, 33(3), 667-679.

Maldaner, G. & Piedade, M. C. T. (1995). Repensando a Química: a formação de equipes de professores/pesquisadores como forma eficaz de mudança da sala de aula em Química. *Química Nova na Escola*, 1, 15-19.

Saviani, D. (2009). *Escola e democracia: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política*. Polêmicas do nosso tempo. V. 5. Campinas: Autores Associados. p. 94. 41^a Ed.

Wannmacher, L. (2007). A erradicação do *Helicobacter pylori*. *Uso racional de medicamentos: temas selecionados*, 4(9), 1-6.