

Expectativa é que biorremediação complemente e otimize os atuais sistemas de tratamento de efluentes das empresas

# Fungos e bactérias degradam corantes poluidores

MANUEL ALVES FILHO  
manuel@reitoria.unicamp.br

Pesquisadores da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Unicamp estão buscando na própria natureza a solução para um dos principais problemas da atualidade: a poluição ambiental. Em escala laboratorial, eles empregam fungos e bactérias para reduzir ou até mesmo eliminar substâncias potencialmente nocivas para o solo, a água e o ar. Uma das vertentes dessa linha de pesquisa está voltada para degradação de corantes sintéticos utilizados pela indústria têxtil. A expectativa dos especialistas é que dentro de alguns anos o processo, conhecido tecnicamente como biorremediação, possa complementar e otimizar os atuais sistemas de tratamento de efluentes das empresas, diminuindo assim a agressão ao meio ambiente.

De acordo com a professora Lúcia Regina Durrant, coordenadora dos estudos, os corantes sintéticos são muito usados pela indústria têxtil. Atualmente, existem cerca de 10 mil tipos deles, cada um com uma estrutura molecular diferente. Quando lançadas num curso d'água, essas substâncias provocam graves danos ambientais. A presença de apenas 1 miligrama de corante por litro de água já é suficiente para colorir pelo menos parcialmente um manancial. Resultado: a luz solar deixa de atingir as plantas aquáticas, o que impede que elas promovam a fotossíntese e se reproduzam adequadamente. Como consequência, os peixes têm a oferta de alimentos e oxigênio reduzida.

Os corantes, que contêm elementos tóxicos, também podem atingir



Foto: Antoninho Perri

A professora Lúcia Regina Durrant (centro) e os pesquisadores Hélio Kamida e Elisângela Franciscon: buscando soluções na natureza

uma estação de captação e tratamento de água, situação que comprometeria o abastecimento da população. Além disso, essas substâncias tendem a contaminar o solo próximo ao manancial. Nesse aspecto, surge um outro problema, esclarece a professora Lúcia. Segundo ela, algumas bactérias presentes no solo ajudam a degradar o corante, porém podem produzir compostos carcinogênicos. Estes, ao atingirem a água e o solo, representarão uma ameaça para as culturas agrícolas, uma das bases da alimentação de homens e animais.

**Cogumelos** – Uma das alternativas para tentar evitar essa seqüência de problemas, conforme os pesquisadores da FEA, está no uso de microrganismos para degradar os corantes sintéticos. Em sua tese de doutorado, co-orientada pela professora Regina Monteiro, do Centro de Energia Nu-

clear para Agricultura (CENA), de Piracicaba, Hélio Kamida utilizou cogumelos comestíveis para essa finalidade. O fungo, em seu estágio vegetativo, produz uma enzima capaz de “devorar” as substâncias poluentes. Kamida partiu de uma coleção de 14 espécies anteriormente selecionadas por uma colega que também fazia o doutorado, para trabalhar com apenas duas. De acordo com ele, a degradação provocada pelas enzimas, confirmada por testes químicos, pode ser acompanhada visualmente.

Para realizar seu experimento, o pesquisador coletou amostras de efluentes de uma indústria têxtil de Americana. Em seguida, ele usou um substrato a base de bagaço de cana para aplicar o fungo. Por último, misturou ambos. “O que nós pudemos verificar foi que, conforme o fungo cresce, a água vai descolorindo. Não chega a ficar translúcida,

mas o tom azul marinho cai para um alaranjado”, explica. Além de comprovar a capacidade de degradação dos fungos, Kamida também tomou o cuidado de verificar se o processo produziria compostos tóxicos. Na opinião dele, esse método é especialmente indicado para ser utilizado junto ao lodo gerado pelo tratamento dos efluentes industriais.

A empresa que colaborou com os estudos de Kamida, por exemplo, produz entre 6 e 8 toneladas desse material ao dia. Os rejeitos normalmente são recolhidos por empresas especializadas e levados para um aterro industrial. “Essa solução é complicada, pois além de ajudar a reduzir a vida útil dos aterros, ainda aumenta o risco de contaminação do solo e do lençol freático pelo corante presente no lodo, através da lixiviação”, afirma. Também preocupada com a destinação dos rejeitos da indústria têxtil, Elisângela Fran-

cisccon, que está elaborando sua dissertação de mestrado, tem usado bactérias para degradar o lodo. Ela partiu de 60 microorganismos, que mais tarde foram reduzidos para 17.

Atualmente, ela está selecionando aqueles que se prestam melhor à biorremediação. Alguns sequer foram identificados ainda. Além disso, a aluna de pós-graduação também está pesquisando maneiras de reduzir o volume do lodo. O material, ensina Elisângela, nada mais é do que uma massa celular composta por inúmeros microorganismos. Para combatê-los, ela investiga que nutrientes podem ser adicionados ao lodo, de modo a aumentar a produção das bactérias “faxineiras”. Estas, em maior número, “devorariam” as inimigas, reduzindo assim o volume total dos rejeitos industriais.

Em tese defendida recentemente pela pesquisadora Suelma Feijó, verificou-se que essas bactérias produzem biosurfactantes, uma espécie de emulsificante, que também é empregado pelas indústrias alimentícias e de cosméticos, na produção de sorvetes e cremes. Em contato com os poluentes, a substância torna-os solúveis, facilitando assim a sua remoção por medida complementar. De acordo com a professora Lúcia, esses estudos deverão ser complementados por outros, até atingirem uma escala piloto, que reproduzirá as condições encontradas na indústria.

O passo seguinte já compreenderá a transferência de tecnologia para a iniciativa privada. “Mas isso ainda vai requerer alguns anos”, prevê. Ela destaca, porém, que a biorremediação já é aplicada em larga escala em países desenvolvidos, como os Estados Unidos e algumas nações europeias. As pesquisas desenvolvidas pela equipe da FEA contam com o financiamento da Fapesp, Capes e CNPq.

## Estudo indica fármacos sem efeitos colaterais contra gota

LUIZ SUGIMOTO  
sugimoto@reitoria.unicamp.br

Quem sofre de “gota” deve achar irônico este nome que sugere coisa minúscula, mas que batiza doença tão dolorida. O processo natural de destruição de células do corpo, para que novas células se instalem, resulta em substâncias que precisam ser expelidas. O ácido úrico é uma dessas substâncias e sai pela urina. O acúmulo de ácido úrico no sangue, por causa da produção excessiva ou porque sua eliminação é deficiente, ataca principalmente as articulações, começando em geral pelo pé, com dor súbita e aguda, inchaço e vermelhidão. Pode subir ao joelho, dedos da mão, punho e cotovelo. No estágio crônico, prejudica órgãos como rins e fígado, havendo risco de deformidades irreversíveis nas articulações.

O químico Saulo Luís da Silva informa que a droga mais usada contra a gota, que acomete perto de 2% da população mundial, é o allopurinol. Ocorre que o medicamento pode causar severas reações alérgicas, dentro de um conjunto de aspectos fisiológicos que se denominou Síndrome da Intolerância ao Allopurinol (SAI). Entre outros efeitos, a SAI se caracteriza por febres, comprometimento renal e hepático, lesões eritematosas (a vermelhidão na pele), e estuda-se ainda sua influência o processo da catarata. “É importante descobrir novas drogas ou derivados para evitar tantos efeitos maléficos em pacientes que dependem do allopurinol, sem no entanto diminuir a eficiência no tratamento da doença”, afirma o pesquisador.

Saulo da Silva procura fazer sua parte. Ele realizou a modelagem molecular de derivados de fenilpirazóis e flavonóides, que nos testes mostraram resultados animadores quanto à eficácia destes compostos na inibição da enzima xantina oxidase (XO), uma das principais responsáveis pelo desenvol-

vimento da gota. Ambas as classes de compostos, aparentemente, atuam sem produzir aqueles danos severos – o que precisa ser comprovado em testes complementares. A tese de doutorado, defendida no Instituto de Biologia (IB) da Unicamp, foi orientada pelo professor Sérgio Marangoni. “A xantina oxidase é a enzima que produz ácido úrico, a partir de um substrato chamado hipoxantina. A ação do allopurinol está em ocupar o lugar da hipoxantina no sítio ativo da enzima, interrompendo a produção de uratos (forma fisiológica do ácido úrico) e também, indiretamente, de radicais livres”, simplifica.

Encontrar mecanismos moleculares semelhantes em fenilpirazóis e flavonóides foi o objetivo de Saulo da Silva. Para que compreendamos melhor seu trabalho, o pesquisador explica que, quando os alvos são enzimas que causam doenças ou mal-estar como a xantina oxidase, procura-se localizar um ponto de ação para alguma substância que iniba esta atividade, evitando o acesso do substrato ou ainda alterando a estrutura da enzima e impedindo a ligação do mesmo. “A técnica de modelagem molecular é usada para o desenho racional de drogas. Estudamos aspectos estruturais e energéticos da molécula: ângulos e distâncias entre átomos, eletronegatividade, calores de hidratação e formação, volume e área, dentre vários outros. A modelagem, em resumo, mostra as propriedades de uma molécula que devem ser salientadas ou suprimidas para aumentar sua ação como fármaco”, ilustra.

Sem a modelagem molecular, observa o químico, o processo de produção de um medicamento torna-se mais lento e dispendioso, além de depender da sensibilidade do pesquisador, quando não da sorte para se encontrar uma modificação estrutural interessante. “A utilização desta técnica associada com métodos estatísticos, os chamados métodos qui-

miométricos, permite ao químico sintético indicar as moléculas com maior probabilidade de apresentar bons resultados e descartar aquelas que provavelmente não teriam efeitos importantes. A indústria farmacêutica mantém grandes grupos de pesquisas que utilizam o desenho racional de drogas, com intuito de otimizar o processo de descoberta de novas moléculas farmacologicamente ativas, reduzindo assim os custos das pesquisas”, acrescenta.

**Estratégia** – Os derivados fenilpirazólicos avaliados por Saulo da Silva são sintéticos, ao passo que os flavonóides encontram-se em quantidades apreciáveis nas plantas, alimentícias ou não. “Como os flavonóides fazem parte da nossa dieta diária, muitos pesquisadores se dedicam a entender melhor suas ações biológicas e seus possíveis efeitos farmacológicos. Além da capacidade de inibir a xantina oxidase, também foram relatados importantes efeitos antioxidativos, antitumorais e antiulcerogênicos”, lembra o químico.

Para a análise, Saulo da Silva utilizou dois métodos. No primeiro, mais tradicional, as moléculas foram desenhadas e otimizadas no vácuo. No segundo, uma nova forma de abordagem estrutural de inibidores enzimáticos não-protéicos, as moléculas foram otimizadas estruturalmente dentro do campo de força criado pelo cristal da enzima. “As diferenças entre os métodos, principalmente as energéticas, não foram significativas. Mas o segundo método resultou em uma análise estrutural mais interessante, pois aproxima o inibidor de sua melhor conformação de interação com a enzima”, explica.

De acordo com o pesquisador, a mesma estratégia utilizada para desenhá-lo o allopurinol pode servir para evitar possíveis efeitos colaterais de outros fármacos quimioterápicos derivados das bases purinas, a exemplo dos utilizados no aciclovir.



O químico Saulo Luís da Silva: modelagem molecular teve resultados animadores

Modelagem molecular pode evitar graves reações