

## UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS E/OU ENZIMAS NA BIOPOLPAÇÃO

Profa. Dra. Lucia Regina Durrant  
DCA/FEA - UNICAMP, Cx. P. 6121 - CEP 13081-970 Campinas - SP.

A Biopolpação é a aplicação de microrganismos e suas enzimas em madeiras (toras e/ou cavacos), como um pré-tratamento para os processos de polpação, visando redução nos consumos de energia e de produtos químicos poluidores do meio ambiente e o melhor aproveitamento da matéria-prima .

Os microrganismos mais importantes para este tipo de aplicação seriam aqueles produtores das seguintes enzimas:

1. Enzimas ligninolíticas: lignina-peroxidase, manganês-peroxidase e lacases, as quais atuam na degradação parcial ou total da lignina.
2. Xilanases: responsáveis pela remoção da hemicelulose.
3. Lipases: eficientes na remoção de resinas ("pitch"), presentes na madeira.
4. Pectinases: auxiliam na etapa de remoção da casca.

Como a madeira e outros materiais não lenhosos usados para a obtenção de polpa de celulose são de origem biológica, e são biodegradados no seu ambiente natural, é lógico considerar o tratamento biológico, especialmente a degradação biológica da lignina, para uso no processo de polpação, seja ela mecânica ou química. A diversidade de microrganismos lignocelulolíticos na natureza, serve como uma rica fonte das diferentes enzimas que podem ser aplicadas na indústria de papel e celulose, as quais podem ser utilizadas em diferentes etapas do processamento industrial da madeira pelas usinas de polpa e papel, tais como na deslignificação de cavacos por fungos ligninolíticos, no biobranqueamento de polpas por enzimas ligninolíticas e hemicelulolíticas e outros.

## **Enzimas para o descascamento da madeira**

A remoção da casca é o primeiro passo no processamento da madeira e consome quantias substanciais de energia. O descascamento extensivo é necessário para a obtenção de polpas, mecânica ou química, de alta qualidade, uma vez que a presença de casca, mesmo que em pequenas quantidades, provoca o escurecimento do produto. Além da alta demanda de energia, o descascamento completo provoca perda de matéria-prima, devido ao tratamento prolongado nos descascadores.

O câmbio separa a casca do resto da madeira e contém altos teores de pectinas e proteínas, baixa concentração ou ausência de lignina, contendo também celulose, xiloglucanas, arabinogalactanas e glicoproteínas ricas em hidroxiprolina. No descascamento a camada cambial é removida juntamente com a casca. Devido a complexa composição do tecido cambial, para se obter um biodescascamento eficiente seria necessária a utilização de enzimas que hidrolisam os vários componentes da casca e do tecido cambial, tais como as pectinases, xilanases e proteinases.

O efeito do pré-tratamento enzimático no consumo de energia para descascamento de madeira *spruce (Picea abies)* foi estudado em escala laboratorial usando-se enzimas (pectinases e xilanases) para degradar a camada cambial (Ratto *et al*, 1993). Uma redução de 80% no consumo de energia para descascamento foi obtido após o tratamento enzimático.

## **Enzimas para a redução de resinas ou pitch**

Todas as espécies de madeira contém, além da celulose, das hemiceluloses e da lignina, quantidades variáveis de outras substâncias, que compõem os constituintes menores, os quais são divididos basicamente em duas classes:

1. engloba materiais conhecidos como extrativos por serem extraídos com água, solventes orgânicos neutros, ou volatilizados a vapor;
2. engloba materiais, os quais não são extraíveis com os agentes mencionados acima, e como por exemplo, tem-se as substâncias pécnicas, e proteínas.

É comum a denominação de resina para uma determinada classe de extrativos, formada por uma série de compostos orgânicos diferentes, tais como as gorduras, ceras, ácidos graxos livres e combinados, alcoois e esteroides. O termo "pitch" refere-se a essa variedade de resinas orgânicas e aos depósitos que originam. Apesar do pitch representar menos de 10% do peso total da madeira, causa vários problemas tais como redução no rendimento e qualidade da pasta celulósica, aumento do consumo de reagentes, corrosão de equipamentos, interrupção da produção para limpeza dos equipamentos e alteração da qualidade do papel produzido.

O tratamento de cavacos, em escala laboratorial e comercial, com fungos capazes de diminuir o teor de pitch, assim como de resinas ácidas e ácidos graxos livres já foi relatado (Farrell *et al*, 1993; Wall *et al*, 1995; Fisher *et al*, 1995 e Wang *et al*, 1995).

O uso de enzimas lipolíticas para melhorar a polpação também tem sido investigado ( Bjorkling, 1991; Fisher *et al*, 1992 e 1993). O melhor lugar para se adicionar esta enzima durante o processo de polpação seria na transferência da polpa lavada para o tanque de armazenamento, quando a consistência da polpa varia de 2 - 4% e a enzima pode ser facilmente misturada.

### **Biobranqueamento da polpas por enzimas ligninolíticas e xilanases**

Nos processos de polpação química, as fibras de celulose são separadas dos demais componentes da madeira por modificação ou solubilização química da lignina. A lignina residual presente na polpa é então degradada por compostos químicos à base de cloro e outros agentes oxidantes, gerando uma gama de compostos organoclorados prejudiciais ao meio ambiente.

A Biotecnologia tem um papel importante a exercer na redução do uso de cloro e/ou compostos clorados no processo de branqueamento da polpa. Atualmente, o branqueamento biológico da polpa tem sido realizado das seguintes maneiras:

1. através do uso de fungos para o tratamento de cavacos ou para a degradação da lignina residual presente na polpa;
2. através do uso de enzimas ligninolíticas;
3. através do uso de enzimas hemicelulolíticas.

Os principais microrganismos que tem sido utilizados para estes estudos são os fungos basidiomicetos de degradação branca, os quais são capazes de modificar ou degradar parcial ou totalmente, dependendo da linhagem, a barreira de lignina. A principal função desses fungos seria a remoção da lignina mas sem afetar a porção celulósica da madeira.

O pré-tratamento de cavacos com o fungo adequado tem resultado na melhora da qualidade do papel e também na redução significativa do gasto de energia (Wall *et al*, 1993; Onysko, 1993; Aktar *et al*, 1995 e Wolfaardt *et al*, 1995).

Quatro desenvolvimentos recentes tem indicado que o tratamento de cavacos com fungos ligninolíticos brevemente será realizado em escala comercial:

1. A descoberta do fungo ligninolítico *Ceriporiopsis subvermispora*, que é capaz de crescer em madeira dura e macia;
2. a descoberta que o uso de vapor quente por tempo curto é suficiente para descontaminar a superfície da madeira, para que o fungo possa crescer de maneira eficiente;
3. a possibilidade de se reduzir o tamanho do inóculo;
4. o pré-tratamento de uma pilha de cavacos de 1 tonelada resultou em economia de 32% de energia, quando comparado com uma pilha sem tratamento.

Com relação ao uso de enzimas ligninolíticas vários estudos tem sido realizados buscando identificar quais as enzimas que participam ativamente na remoção da lignina residual presente nas polpas. Há várias indicações de que a enzima Mn-peroxidase é responsável pelo branqueamento obtido, mesmo quando o fungo não tem contato direto com a polpa, através de imobilização ou separação com membranas (Reid & Paice, 1994; Kondo *et al*, 1994a e 1994b e Katagiri *et al*, 1995). Porém, quando o caldo enzimático produzido pelo fungo foi adicionado

na polpa, não houve branqueamento (Archibald,1992), indicando que algum componente do sistema enzimático deve ser produzido constantemente pelo fungo. Para se viabilizar este sistema é necessário ainda identificar todas as enzimas e outros componentes responsáveis pela deslignificação e aplica-los em combinação otimizada e em concentração superior à produzida pelo fungo.

O tratamento de polpas com enzimas hemicelulolíticas (xilanasas) mostrou uma redução no conteúdo de lignina residual quando comparado com polpa não tratada. A diminuição no conteúdo de lignina resultou na diminuição do uso de cloro nas etapas de branqueamento. Há evidência de que a hemicelulose está ligada covalentemente à lignina na polpa e pode estar agindo como uma barreira física entre a lignina e os agentes branqueadores. A hidrólise mesmo que parcial da hemicelulose, por enzimas hemicelulolíticas, aumenta a suscetibilidade da lignina e esta pode ser removida mais facilmente nas etapas de cloração e extração com álcali.

Os fungos são também importantes produtores de enzimas xilanolíticas, mas o papel de bactérias termófilas e alcalofílicas na degradação da hemicelulose também merece atenção.

### **Referências bibliográficas**

- Akhtar, M.; Kirk, T. K. e Blanchette, R. A. (1995) **6ª Conferencia Internacional sobre Biotecnologia na Industria de Papel e Cellulose**. Viena-Austria, 11-15 de junho.
- Archibald, F. S. (1992) *Holsforschung* 46, 305-310
- Bjorkling, F.; Godtfredsen, S. E. e Kirk, O. (1991) **Trends in Biotechnology** 9, 360-363.
- Farrel, R.; Blanchette, R. A.; Brush, T. S.; Hadar, Y.; Iverson, S; Krisa, K.; Wendler, P. e Zimmerman, W. (1993) **Journal of Biotechnology** 30, 115-121.
- Fisher, K. e Messner, K. (1992) **Enzyme Microbial Technology** 14, 470-473.
- Fisher, K.; Puchinger, L.; Schoffer, K.; Kreiner, W. e Messner, K. (1993) **Journal of Biotechnology** 27, 341-347.

- Fisher, K.; Akhtar, M.; Messner, K. e Blanchette, R. A. (1995) **6ª Conferencia Internacional sobre Biotecnologia na Industria de Papel e Cellulose**. Viena-Austria, 11-15 de junho.
- Katagiri, N.; Tsutsumi, Y. e Nishida, T. 1995 **Applied and Environmental Microbiology** 61(2), 617-622.
- Kondo, R.; Kurashiki, K. e Sakai, K. (1994a) **Applied and Environmental Microbiology** 60(3), 921-926.
- Kondo, R.; Harazono, K. e Sakai, K. (1994b) **Applied and Environmental Microbiology** 60(12), 4359-4363.
- Onysko, K. (1993) **Biotechnological Advances** 11, 179-198.
- Ratto, M.; Kantelinen, A.; Bailey, M. e Viikari, L. (1993) **Tappi Journal** 76(2) 125 - 128.
- Reid, I. D. e Paice, M. (1994) **Microbiology Reviews**. 13, 369-376.
- Wall, M. B.; Cameron, D. C. e Lightfoot, E. N. (1993) **Biotechnological Advances**. 11, 645-662.
- Wall, M. B.; Noel, Y.; Fritz, A.; Iverson, S. e Farrell, R. (1995) **6ª Conferencia Internacional sobre Biotecnologia na Industria de Papel e Cellulose**. Viena-Austria, 11-15 de junho.
- Wang, Z.; Chen, T.; Gao, Y.; Breuil, C. e Hiratsuka, Y. (1995) **Applied and Environmental Microbiology** 61 (1) 222-225.
- Wolfaardt, J. F.; Bosman, A.; Jacobs, A.; Male, J. R. e Rabie, C. J. (1995) **6ª Conferencia Internacional sobre Biotecnologia na Industria de Papel e Cellulose**. Viena-Austria, 11-15 de junho.