

José António Teixeira
Universidade do Minho

Bioetanol

Desenvolvimento de processos fermentativos para a produção de bioetanol

Resumo

A produção de bioetanol a partir de cana de açúcar e amido de milho é um processo bem estabelecido. Contudo, a produção economicamente viável de bioetanol exige a utilização de matérias primas disponíveis em grande quantidade e que não compitam com outras aplicações industriais. Também é necessário o desenvolvimento de estirpes microbianas mais eficientes, de biorreactores com elevada produtividade e otimizar a integração dos processos. Serão apresentados os diferentes processos que estão a ser desenvolvidos para o tratamento da biomassa para a produção de bioetanol e o seu impacto no processo fermentativo. Sendo a fermentação o centro do processo de produção de bioetanol, será feita uma referência detalhada ao desenvolvimento de reactores contínuos de alta densidade celular e apresentadas as suas vantagens/desvantagens. Finalmente, será referida a importância do soro lácteo como matéria prima para a produção de bioetanol.

Introdução

As crescentes preocupações ambientais e a necessidade de reduzir a emissão de gases com efeito de estufa aumentaram a importância da utilização de fontes renováveis e o interesse na utilização de bioetanol como um combustível limpo. O Brasil e os Estados Unidos são os principais produtores e consumidores mundiais de bioetanol estando a Europa, na sequência da Directiva EU 2003/30/CE, a iniciar a instalação de várias unidades industriais, estando prevista, em 2008, uma capacidade instalada de 4,54 milhares de milhão de litros anuais.

O etanol é um excelente combustível para motores de combustão interna, as emissões gasosas são menores que as da gasolina, apresenta uma baixa toxicidade e é facilmente degradado na água e solos.

Pelos motivos indicados, o bioetanol tornar-se-á cada vez mais competitivo, sendo necessária a utilização de substratos renováveis e mais baratos e processos produtivos mais eficientes e com menores custos.

O etanol pode ser obtido por fermentação a partir de qualquer material contendo açúcar. Os açúcares podem ser fermentados directamente (como é o caso do açúcar de cana no Brasil) ou é necessário um processamento prévio, utilizando enzimas hidrolíticas, como no caso dos materiais contendo amido (como acontece nos Estados Unidos). Estes processos são bem conhecidos e são aplicados industrialmente. Todavia, a fermentação dos açúcares existentes em materiais celulósicos continua a ser um desafio sendo necessário o desenvolvimento de processos mais eficientes para a conversão da biomassa. É também importante que sejam desenvolvidos microorganismos mais eficientes na produção de etanol e biorreactores com maior produtividade.

1.1. Uma breve descrição do processo de produção de bioetanol

Genericamente, a produção de bioetanol pode ser descrita conforme representado na figura 1 com alterações específicas de acordo com a matéria-prima utilizada:

- materiais contendo açúcar (cana de açúcar, beterraba, melaços e frutos,...)
- materiais contendo amido (milho, batata, tubérculos)
- celulose (madeira, resíduos agrícolas, águas residuais da indústria do papel)

Quando são utilizados materiais contendo açúcares, basta um passo de extracção mecânica que libertará os açúcares disponíveis para fermentação. No caso do milho e outros materiais amiláceos, é necessária uma hidrólise prévia em que a acção das amilases e amilopectina transforma o amido em glucose. No caso dos materiais lenhíno-celulósicos, também é necessário um pré-tratamento. Este passo constitui um dos principais desafios na produção de bioetanol pois o uso de enzimas hidrolíticas (celulases) ainda não é suficientemente competitivo e, até à data, vários tratamentos físico-químicos têm sido utilizados preferencialmente. Deve também ser referido que o pré-tratamento da biomassa lenhíno-celulósica liberta açúcares C5 e C6 o que constitui um desafio adicional para o processo fermentativo.

Mais recentemente, a realização em simultâneo da hidrólise e da fermentação (SSF) tem sido proposta. →

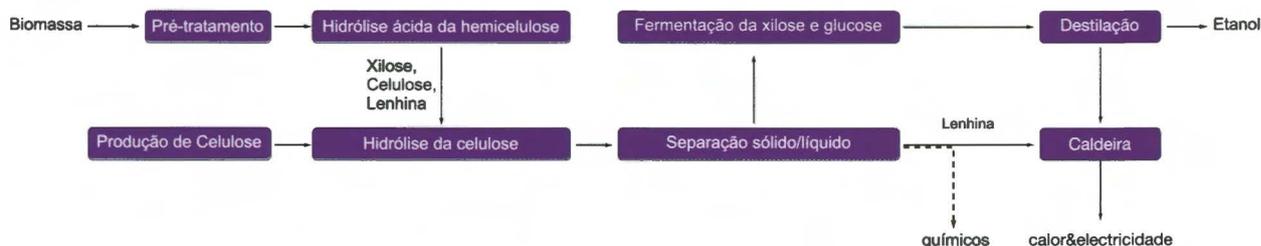


Figura 1- Diagrama para a produção de bioetanol.

1.2. Processos de tratamento da biomassa para a produção de bioetanol

A biomassa lenhinoceulósica é um recurso abundante que pode ser transformado em etanol combustível e que pode ser obtido utilizando culturas crescidas especificamente para este fim. A biomassa lenhinoceulósica é composta por polissacáridos (celulose e hemicelulose), lenhina e outros compostos (extractivos, ácidos, sais e minerais). A hemicelulose e a lenhina formam um estrutura protectora em torno da celulose que deve ser modificada ou removida para que a hidrólise da celulose seja eficiente. Também a estrutura cristalina da celulose constitui uma barreira à sua hidrólise. Para que este processo seja eficiente é fundamental o desenvolvimento de processos inovadores. O pré-tratamento tem como principal objectivo alterar a estrutura da biomassa ceulósica, removendo a lenhina e a hemicelulose o que leva a um aumento da reactividade e acessibilidade da celulose à acção das enzimas hidrolíticas (Cheng, 2000). Os pré-tratamentos devem aumentar a capacidade de formação de açúcares por hidrólise enzimática, evitar a degradação dos hidratos de carbono, evitar a formação de inibidores da hidrólise e da fermentação e ser viável economicamente (Negro et al., 2003).

Estes tratamentos podem incluir processos mecânicos (moagem), processos químicos (hidrólise ácida ou básica, deslenhificação com solvente (etanol, butanol, acetone ou ácido acético)) ou a combinação de vários destes processos. Processos como explosão com vapor, na presença ou ausência de ácido, explosão com amónia, explosão super-crítica com dióxido de carbono e processos térmicos também podem ser utilizados (Champagne, 2007; Gollapalli, et al., 2002; van Walsum, et al., 1996).

1.3. Desenvolvimento de processos fermentativos

O desenvolvimento do processo de produção de bioetanol exige que sejam "obtidas" estirpes microbianas mais eficientes, biorreactores mais estáveis e com maior produtividade e que seja optimizada a integração das operações utilizadas. A utilização de substratos com altas concentrações de açúcar é fundamental para que o processo de produção de bioetanol seja economicamente viável pois permite uma redução nos custos de operação e fixos e a obtenção de maiores concentrações de etanol permite reduzir os custos de destilação. As unidades de fermentação serão de menor volume e os custos de operação associados, incluindo a utilização de água, serão também menores. A duplicação da concentração em etanol de 5% para 10% leva a uma redução de 63% no consumo da água de processo para a mesma produção de bioetanol; a redução será de 55% caso a concentração de etanol seja aumentada de 10% para 20%. Todavia, a implementação destes processos está limitada pela (in)tolerância a altas concentrações de açúcar e etanol dos microrganismos utilizados, o que evidencia a urgência do desenvolvimento de estirpes microbianas mais eficientes. A maioria das unidades de fermentação existentes para a produção de bioetanol permitem a obtenção de concentrações de 10 a 14%, podendo atingir, 20% quando substratos concentrados são utilizados.

O desenvolvimento de biorreactores com elevada produtividade também é um aspecto que deve ser considerado na produção de bioetanol. Os processos de fermentação em contínuo ao permitirem produtividades volumétricas mais elevadas constituem uma alternativa a considerar que, todavia, ainda não está implementada à escala industrial. São várias, as vantagens associadas à utilização destes sistemas de fermentação: (Domingues et al, 2000):

- altas concentrações celulares resultam em velocidades de fermentação elevadas
- reutilização das células durante largos períodos de tempo
- possibilidade de trabalhar a caudais elevados (maiores que o valor de "washout")
- fácil separação das células
- menor risco de contaminação - menor volume de reacção com consequente redução nos custos fixos e de operação

Nestes processos fermentativos, o custo do suporte para imobilização da biomassa é determinante na redução dos custos de capital, sendo crucial a utilização de materiais baratos e um reactor adequadamente projectado. Alternativamente, pode ser considerada a utilização de leveduras floculantes uma vez que não se torna necessária a utilização de um suporte de imobilização. A eficiência deste sistema foi demonstrada à escala piloto sendo também evidenciada a sua resistência à contaminação microbiana.

Torna-se pois evidente que o aumento da produtividade do processo fermentativo para a produção de bioetanol passa pela utilização de processos contínuos, de substratos concentrados e de estirpes microbianas tolerantes a concentrações elevadas de etanol e açúcar.

1.4. A produção de bioetanol utilizando soro de queijo

A utilização de resíduos agro-industriais para a produção de bioetanol é uma das alternativas mais interessantes a ser considerada e, entre os diferentes sub-produtos, o soro de queijo é um dos mais atraentes. O soro de queijo é um sub-produto formado no fabrico de queijo ou caseína. É produzido em grandes quantidades e é muito poluente. Todavia, o soro representa 90% do volume do leite retendo 55% dos nutrientes e quase toda a lactose. Estas características, associadas aos elevados volumes produzidos (só em Portugal estima-se que sejam produzidos 1200000 litros de soro/dia), tornam o soro como uma fonte altamente valiosa de um açúcar para ser utilizado na produção

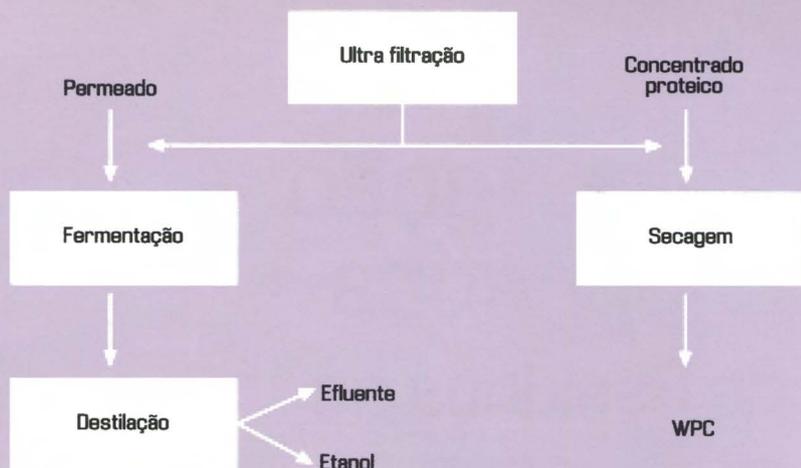


Figura 2- Diagrama para a produção de bioetanol a partir de soro de queijo.

de bioetanol (Pesta et al, 2007).

O primeiro passo na valorização do soro consiste na recuperação da fracção proteica (cerca de 1% p/v) por ultrafiltração (produção de WPC), obtendo-se uma corrente rica em lactose (o permeado) que pode ser usada como substrato para a produção de produtos de valor acrescentado, incluindo bioetanol, por fermentação. O desenvolvimento de um processo economicamente competitivo para a produção de bioetanol utilizando o permeado de ultrafiltração exige a implementação de um passo de concentração (em lactose) do permeado e o desenvolvimento de estirpes de levedura que fermentem eficientemente a lactose e que permitam a sua retenção no interior do reactor, caso sistemas de operação em contínuo sejam utilizados (Domingues et al, 1999; Guimarães et al, 2008). ◀

Referências Bibliográficas

Champagne, P. (2007). Feasibility of producing bio-ethanol from waste residues: A Canadian perspective Feasibility of producing bio-ethanol from waste residues in Canada. *Resources, Conservation and Recycling*, 50, 211–230.

Chang, V.S. and Holtzapfle, M.T. (2000). Fundamental factors affecting biomass enzymatic reactivity. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 84, 5–37.

Domingues, L., Lima, N., Teixeira, J.A. (1999). Continuous ethanol fermentation of lactose by a recombinant flocculating *Saccharomyces cerevisiae* strain, *Biotechnology Bioengineering*, 64, 692-697.

Domingues, L., Vicente, A.A., Lima, N., Teixeira, J.A. (2000). Applications of yeast flocculation in biotechnological processes. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 5, 288-305.

Gollapalli, L.E. (2002). Predicting digestibility of ammonia fiber explosion (AFEX)-treated rice straw. *Applied. Biochemistry and Biotechnology*, 98-100, 23–35.

Guimarães, P.M.R., François, J., Parrou, J.L., Teixeira, J.A., Domingues, L. (2008). Adaptive evolution of a lactose-consuming *Saccharomyces cerevisiae* recombinant. *Applied Environmental Microbiology*, 74,1748-1756.

Negro, M.J., Manzanares, P., Ballesteros, I., Oliva, J.M., Cabañas, A., Ballesteros, M. (2003). Hydrothermal Pretreatment Conditions to Enhance Ethanol Production from Poplar Biomass. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 105–108, 87-100.

Pesta, G., Meyer-Pittroff, R., Russ, W., Utilization of whey. (2007). In: Oreopoulou, V., Russ, W. (editors). *Utilization of by-products and treatment of waste in the foodindustry*, Springer, New York. 193-207.

Van Walsum, G.P., Allen, S.G., Spencer, M.J., Laser, M.S., Antal, M.J., Lynd, L.R. (1996). Conversion of lignocellulosics pretreated with liquid hot water to ethanol. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 57–58, 157–170.



soluções integrais para biomassa

