



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

## **Processos Químicos Industriais II**

Apostila 3

**INDÚSTRIAS BIOTECNOLÓGICAS**  
Bebidas Fermentadas e Destiladas

Profa. Heizir F. de Castro

**2013**

**Sumário**

1. O que é Biotecnologia .....	3
2. Tipos de Produtos .....	3
3. Classificação dos Produtos .....	3
4. Comparação entre as Características dos Processos Químicos e Biotecnológicos .....	4
5. Biotecnologia no Brasil .....	5
6. Segmento Alimentos .....	6
6.1. BEBIDAS FERMENTADAS .....	6
6.1.1 <i>Produção de Cerveja</i> .....	7
6.1.2 <i>Produção de Vinho</i> .....	10
6.1.3 <i>Bebidas Destiladas</i> .....	10
7. Referências.....	11
8. Informações Complementares .....	12

## 1. O que é Biotecnologia

“Biotecnologia” pode ser definida como a aplicação controlada de agentes biológicos em operações técnicas para produção de bens e serviços. A adoção de processos biotecnológicos na indústria requer um conhecimento integrado de diversas técnicas e diversas disciplinas, entre as quais, a Engenharia Química, tem um papel fundamental. Essa integração de técnicas e de tratamento multidisciplinar, que buscam soluções para viabilizar a comercialização de bioprodutos, vem sendo recentemente, denominada de Biotecnologia Industrial.

Assim sendo, pode-se considerar que a Biotecnologia Industrial se ocupa de experimentação e desenvolvimento de processos biotecnológicos capazes ou com potencial de operar economicamente em escala industrial.

## 2. Tipos de Produtos

O produto obtido por via biotecnológica pode ser:

- material celular (geralmente denominado biomassa);
- produtos de baixo peso molecular (como o etanol e os ácidos orgânicos);
- metabólitos de alto peso molecular (como as gomas, polímeros);
- metabólitos complexos (por exemplo, vitaminas e antibióticos);
- peptídeos biologicamente ativos e proteínas.

Nas primeiras categorias figuram produtos elaborados em grande escala, entre os quais as matérias-primas constituem um componente fundamental da estrutura de custos. Enquanto, na produção de proteínas, vitaminas, etc, as características que definem o processo de produção pesam mais sobre os custos. Uma comparação das características mais marcantes entre os produtos biotecnológicos de alto valor unitário e baixo volume de produção e a de baixo valor unitário e grande volume de produção é resumida na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tipologia da Biotecnologia

<b>Características</b>	<b>Alto valor Pequena escala</b>	<b>Baixo valor Grande escala</b>
Capacidade do reator	100 a 1000 litros	10.000 litros
Exemplos de produto	Vitaminas, enzimas	Etanol, ração animal
Classificação da mão de obra	Alta	Médio
Despesas de P&D	Alta	Média
Principal técnica	Engenharia genética	Engenharia de fermentação

## 3. Classificação dos Produtos

Atualmente existe uma centena de produtos viáveis que são obtidos pela rota biotecnológica. Eles se classificam em 11 categorias: Antibióticos, Esteróides, Vacinas, Ácidos Orgânicos, Aminoácidos, Vitaminas, Óleos e Gorduras, Biopolímeros, Solventes e Insumos Energéticos, conforme listados na Tabela 2, agrupados por segmentos de atividades industriais.

**Tabela 2.** Produtos Oriundos de Processos Biotecnológicos de acordo com os Segmentos Industriais

<b>Segmento Industrial</b>	<b>Atividades Industriais</b>
Químico Granel	Solventes, Ácidos Orgânicos
Especialidades	Enzimas, Polímeros, Proteínas
Farmacêutico	Antibiótico, Esteróides, Imunobiológicos
Alimentos	Aminoácidos, Vitaminas, Aditivos, Amidos modificados, Bebidas, Fermentos biológicos, Xaropes de glicose e Frutose, Vinagre.
Energia	Etanol, Metano, Biogás, Biomassa
Agricultura	Rações, Pesticidas, Inoculantes.

#### 4. Comparação entre as Características dos Processos Químicos e Biotecnológicos

A diferença mais marcante entre um processo químico e um biotecnológico, é que no processo biotecnológico a decomposição e síntese ocorrem simultaneamente no mesmo reator. Na Tabela 3 são mostradas as diferenças mais acentuadas entre esses dois tipos de processos.

**Tabela 3.** Comparação entre Processos Químicos e Biotecnológicos

<b>Características</b>	<b>Reator Químico</b>	<b>Biorreator</b>
Matéria prima	Compostos orgânicos	Fontes renováveis e resíduos industriais
Concentração	Alta, meios não diluídos	Baixa, meios aquosos
Temperatura	Larga faixa (100 a 1200°C)	Faixa estreita (15 a 40°C)
Resfriamento	Pouco utilizado, quando necessário, a recuperação da água é elevada	Grande demanda de água, para manutenção das temperaturas de trabalho.
Acidez, Alcalinidade	Valores extremos de pH	Varição estreita (pH 3 a 8)
Velocidade de reação	Alta	Baixa
Tempo de vida do catalisador	Meses, anos	Geralmente curto (horas, dias)
Seletividade	Geralmente alta	Moderada ou baixa
Estrutura de Processo	Múltiplas etapas	Etapa única
Produtividade	Elevada	Baixa

Reatores químicos são predominantemente usados para realizar reações de síntese. E este é o objetivo principal, é claro, da química clássica. As matérias primas utilizadas na síntese orgânica são geralmente os compostos intermediários contendo C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub>, as olefinas e os aromáticos C<sub>6</sub> a C<sub>8</sub>. Todos esses compostos são derivados das indústrias de base. A obtenção de produtos pela rota química, geralmente utiliza catalisadores para aumentar a velocidade de reação e a sua especificidade. Reações envolvendo múltiplas etapas requerem reatores separados para cada etapa.

A reação pela rota biotecnológica envolve outro tipo de procedimento e matéria-prima. O processo tem início com a adição no reator de meio esterilizado apropriado para o crescimento do micro-organismo. O meio nutricional é geralmente complexo, mas não completamente definido. Como fontes de carbono são utilizados compostos contendo 5 a 6 carbonos (por exemplo, xilose e glicose) ou oligômeros (amido, celulose). As fontes de carbono são então metabolizadas (decomposição) a compostos intermediários e a vários compostos de baixa massa molecular gerando energia bioquímica (formação de ATP). Simultaneamente com o processo de metabolização, produtos são formados (síntese) através do consumo da energia anteriormente gerada.

## 5. Biotecnologia no Brasil

O mercado brasileiro de produtos e processos biotecnológicos no Brasil, responde por uma cifra equivalente a US\$ 17 bilhões, cabendo aos segmentos químico e energético a maior parcela de participação no mercado global, conforme mostrado na Tabela 5.

**Tabela 5. Mercado Brasileiro de Produtos e Processos Biotecnológicos**

Segmento	Valor (US\$ milhões)
Químico e Energia	10.400,00
Alimentos	3.980,00
Farmacêutico e Especialidades	2.400,00
Agricultura	1.600,00
Outros	130,00
Total	17.070,00

Uma expectativa de crescimento nos outros segmentos é esperada para os próximos anos, segundo projeções realizadas pela Associação Brasileira de Biotecnologia (ABRABI), associação de caráter multisetorial que reúne e estimula o desenvolvimento da biotecnologia no Brasil. Entre as mais de trinta afiliadas, destaca-se a atuação das empresas reunidas na Tabela 6.

**Tabela 6. Principais Empresas em Biotecnologia (Brasil)**

Empresa	Linha de Produção/ Observações
BIOBRÁS	Enzimas (alfa-amilase, papaína, pepsina, celulase) e Insulina
CIBRAN	Antibióticos: eritromicina, gentamicina
EMBRABIO	Reagentes para diagnóstico
IMOVAL	Soros e vacinas, hemoderivados e imunomoduladores
VALLÉ	Reagentes para diagnóstico
FIOCRUZ	Soros e vacinas, reagentes para diagnóstico, enzimas de restrição, síntese de DNA e peptídeos
AGROCERES	Mudas e sementes, matrizes para pecuária
SBS	Cultura de tecidos vegetais para obtenção de mudas e sementes
VALLÉ NORDESTE	Vacinas e produtos farmacêuticos para uso animal

## 6. Segmento Alimentos

Os métodos biotecnológicos são muito empregados na indústria de alimentos. A forma mais tradicionalmente conhecida é a utilização de microorganismos diretamente, no processamento de alimentos e bebidas. Os micro-organismos podem ainda ser utilizados na transformação de biomassa celulósica em proteínas para suplementação de rações ou mesmo para alimentação humana. Atualmente, a biotecnologia está também desempenhando um importante papel na produção de substâncias que são adicionadas aos alimentos. Neste segmento, só serão descritos os processos de obtenção de bebidas fermentadas e destiladas.

### 6.1. Bebidas Fermentadas

A fabricação de bebidas fermentadas seguiu os mesmos avanços registrados para os outros tipos de produtos biotecnológicos, isto é, evoluiu de uma concepção artesanal para um processo contendo todos os refinamentos de uma ciência moderna. Entretanto, o critério de qualidade é ainda bastante artesanal e depende em grande parte de testes que envolvem os sentidos do ser humano, como por exemplo, o paladar, o olfato e visão. Como se sabe, o sabor, o cheiro e a aparência são critérios fundamentais, que determinam a aprovação do produto no mercado consumidor.

As matérias primas básicas são os grãos de cereais e frutos, que fornecem os carboidratos para o processo de fermentação. A variedade de cereais e frutas empregada é ampla e varia de país para país ou de bebida para bebida.

No Brasil, fermenta-se o caldo de cana ou melação e se obtém a aguardente ou cachaça, por destilação. Em Cuba, utiliza-se o melação para a produção do Rum.

A Rússia é conhecida como grande produtora de Vodka e utiliza a batata como matéria prima.

O saque é produzido a partir de arroz e é a bebida típica do Japão.

A França, a Itália e a Alemanha são reconhecidamente os países que mais se destacam pela qualidade de vinho produzido, em função da excelente qualidade das uvas empregadas, como também pelas técnicas empregadas, no processamento desta bebida.

Finalmente a Escócia, detém a posição de grande produtor de uísque (Scotch Whisky). O segredo, aparentemente está na qualidade do malte cevada e água que são os ingredientes essenciais para a fabricação de um bom uísque e são fartamente encontrados em algumas áreas da Escócia, especialmente na região do Vale Spey, que tem na produção de uísque, uma atividade cultural do ritmo de vida. Existe uma distinção entre os tipos de malte empregados. Eles são classificados, geralmente em dois tipos: maltes da região leste e oeste da escócia. O malte da região leste produz uísques mais suaves, mais claros e densos que os produzidos com os maltes da região oeste. Apenas, como forma de ilustração, há referência da existência de aproximadamente 132 destilarias de uísque na escócia.

### 6.1.1 Produção de Cerveja

A cerveja e produtos correlatos são bebidas de baixo teor alcoólico (2 a 7%) feita pela fermentação de diversos cereais com lúpulo, usualmente adicionado para dar um gosto mais ou menos amargo e para controlar a fermentação.

Os cereais empregados são a cevada maltada e como adjuntos do malte: arroz descascado, aveia e milho. Algumas variações são encontradas na Alemanha e China, que utilizam o trigo e o sorgo sacarino, respectivamente, como adjuntos.

Açúcares e xaropes de fermentação (açúcar de milho ou glicose) e levedura completam a etapa do pré-tratamento na obtenção da cerveja.

#### Maltagem da cevada

A primeira etapa da fabricação da cerveja é a conversão da cevada em malte, por meio de um processo conhecido como maltagem (maceração, germinação, secagem e torrefação). A maceração é realizada em tanques próprios, onde os grãos de cevada são umedecidos com água (temperatura reduzida 15°C) até a umidade dos grãos alcance a faixa de 35 a 50%. Usualmente, são necessários 1 a 2 dias para a maceração e, durante esse tempo, a água é convenientemente tratada e substituída, ou arejada periodicamente, para garantir o oxigênio necessário à respiração dos embriões. Após a maceração, os grãos são transferidos para germinadores de diversos tipos, onde a germinação é processada com suprimento de ar úmido através da massa de grãos, a uma temperatura controlada entre 13 a 20°C.

Durante a germinação, o crescimento embrionário se manifesta pelo desenvolvimento de um broto, num período que varia de cinco a dez dias, ocorrendo absorção de oxigênio, desprendimento de dióxido de carbono e formação de diversas enzimas, principalmente, as amilases ( $\alpha$  e  $\beta$ -amilases). As transformações que ocorrem nos grãos de cevada são apresentadas na Tabela 7.

**Tabela 7. Modificações da cevada durante o processo de maltagem**

Componentes	Cevada	Malte cevada
Amido (%)	61,0	4,2
Açúcares (%)	0,55	8,3
Nitrogênio (%)	11,11	36,4
alfa-amilase (U)*	traços	31,25
Poder diastático (U)*	55,5	104
Atividade proteolítica (U)*	traços	15,62

U= unidades de atividade enzimática

As enzimas ( $\alpha$  e  $\beta$ -amilases) são responsáveis pela transformação do cereal (amido) que é um polissacarídeo, em moléculas de dissacarídeos (maltose) e em seguida em monossacarídeos (glicose), tipo de açúcar diretamente fermentescível pela levedura.

Após a germinação, os grãos são torrados imprimindo-se diferentes gradientes de temperatura dependendo do tipo de malte desejado (40 a 100°C com desumidificação (até 2%) para proteção da ação enzimática). Os grãos torrados são moídos.

## Preparo do meio açucarado

Uma parte do malte cevada é misturada com outros adjuvantes, sendo em seguida transferido a um cozinhador sob pressão, onde o amido insolúvel é transformado em dextrinas pela ação da  $\alpha$  amilase. O mosto resultante do cozinhador é misturado com o restante do malte para obtenção do mosto doce, pela ação da  $\beta$ -amilase.

Esse mosto é então filtrado e depois cozido por 3 horas com lúpulo, tendo como objetivos: a concentração do mosto até o ponto desejado, a esterilização do mosto, a destruição das enzimas, a modificação do odor do malte e a extração do tanino das resinas do lúpulo e do cheiro do lúpulo.

## Fermentação

Após essa etapa, o mosto é resfriado até uma temperatura entre 4 a 6°C, sendo em seguida, inoculado com uma massa celular (2,8 a 3,8 g/ L de mosto), obtida previamente de levedura selecionada, geralmente do gênero *Sacharomyces*.

O processo de fermentação é então conduzido em dornas fechadas, mantendo desta forma, o mosto esterilizado e evitando a entrada de corpos estranhos. O CO<sub>2</sub> produzido durante a fermentação é recuperado, esterilizado e armazenado sob pressão, para posterior utilização, na etapa de carbonatação da cerveja.

O mosto fermentado é transferido para as dornas de dornas de maturação, onde permanece durante um período, entre 10 a 20 dias numa temperatura de 0°C. Nesta etapa, ocorre a decantação da levedura e estabilização das reações.

Finalmente a cerveja é filtrada, carbonatada, pasteurizada e engarrafada.

Na Figura 1 são apresentados seis aspectos principais na fabricação da cerveja.

<b>Matérias-primas</b>	<b>Pré-tratamento</b>
Malte cevada (13, 3 a 14, kg)	
Cozimento	
Lúpulo (4, 6 a 5, 3 kg)	Filtração do mosto
Água	Fervura
Adjuvantes (4.6 a 5.3 kg)	Resfriamento
<b>Bioacatalisador</b>	<b>Biorreator</b>
Levedura (0,3 a 0,4 kg)	Fermentação
<b>Tratamento final</b>	<b>Produto</b>
Maturação	
Filtração	
Pasteurização	Cerveja* (100 litros)

**Figura 1. Seis aspectos da produção de cerveja**

**Tabela 8.** Componentes principais da cerveja

<b>Componentes</b>	<b>Faixa de valores</b>
Açúcares (g/100 mL)	0,77 a 0,55
Grau alcóolico (GL)	4 a 7
n-propanol (ppm)	8 a 5
iso-butanol (ppm)	15 a 4
Álcool amílico (ppm)	95 a 65
Diacetil (ppm)	0,1
Ácidos orgânicos (ppm)	500
Ésteres (ppm)	20

**Notas complementares**

Qualidade da água: Fator essencial interfere no sabor e qualidade da cerveja. A qualidade é determinada pela quantidade de sais minerais.

Águas contendo sulfatos ( $\text{Ca SO}_4$  e  $\text{Mg SO}_4$ ): Contribuem para obtenção de sabor seco e acentuado

Águas carbonatadas: São adequadas para obtenção de cervejas escuras

NaCl: é um componente importante na produção de cervejas escuras e leves

**Curiosidades:**

A diferença entre o chopp e a cerveja, é que o chopp não é pasteurizado. A esterilização do chopp é realizada através de ultrafiltração (membrana filtrante que remove as leveduras residuais e bactérias) ou por meio de diversos novos procedimentos, inclusive pela adição de biocidas.

A cerveja preta é produzida com cevada germinada e torrada a  $100^\circ \text{C}$ .

No preparo da cerveja doce, a ação da levedura é interrompida, antes que seja alcançado o consumo total dos açúcares presentes no mosto.

### 6.1.2 Produção de Vinho

A qualidade do vinho depende do tipo de uva utilizada e do processamento preliminar da uva, ou seja, o emprego de uvas inteiras ou prensadas. Os vinhos normais contêm uma porcentagem de álcool entre 7 a 14 % e os fortificados que podem atingir concentrações de até 30%. Esta fortificação é feita pela adição de álcool ou conhaque.

#### **A produção do vinho envolve as seguintes etapas:**

As bagas são passadas por um esmagador, que as macera, mas não rompe as sementes, e remove parte dos engaços. A polpa resultante, ou mosto é bombeado para tanques de capacidade entre 11000 a 38000 litros, previamente esterilizado com ácido sulfúrico.

Em seguida, é adicionada cultura ativa de levedura selecionada, em volume da ordem de 3 a 5 % do volume do mosto.

Durante a fermentação, a temperatura é controlada em 29°C, utilizando para este propósito, serpentinas de resfriamento.

O dióxido de carbono desprendido arrasta os engaços e as sementes para a superfície, o que é parcialmente evitado mediante a colocação de uma grade imersa na dorna.

Quando a fermentação amortece, o mosto é bombeado pelo fundo da dorna e retorna à superfície. O vinho é, depois, transferido em tanques fechados na adega, onde durante um período de 2 a 3 semanas, as leveduras fermentam o restante do açúcar.

Na adega, o vinho recebe um tratamento para clarificar-se, ter o gosto melhorado e diminuir o tempo de envelhecimento.

Durante este tratamento, o vinho permanece em repouso por 6 semanas, para remover parte da matéria em suspensão e, depois ser submetido ao processo de clarificação. Geralmente, é utilizado bentonita ou vermiculita em proporção de 0,25 a 2,0 g/L de vinho, sendo formado um precipitado insolúvel contendo tanino, que é separado do vinho, através de uma filtração. Nesse período de repouso, ocorre também, oxidação, esterificação, precipitação de proteínas e a remoção do creme de tártaro (tartarato ácido de potássio). Além disso, o vinho adquire cheiro e odor característico. A extração do creme de tártaro confere maior estabilidade ao vinho.

Nos estágios finais, o vinho poderá sofrer ajustes com adição de açúcar, de ácidos ou mesmo ser misturado, com outras partidas de vinho. É possível ter um bom vinho doce em 4 meses mediante método de envelhecimento rápido. Este método inclui a pasteurização, a refrigeração, a ação da luz solar, da luz ultravioleta, do ozônio, a agitação e a aeração.

Similar da cerveja doce, na fabricação do vinho doce, parte do açúcar do mosto não é totalmente consumido durante a etapa da fermentação.

### 6.1.3. Bebidas Destiladas

São obtidas inicialmente por fermentação e depois destiladas, sendo em seguida submetida a um processo de envelhecimento. Esse envelhecimento é regulado por lei, sendo realizado, geralmente em tonéis de carvalho (até 12 anos) e sob condições de umidade e temperaturas controladas. Durante o envelhecimento, ocorre oxidação, esterificação e absorção de substâncias do carvalho. Essas reações, e algumas das características de cada bebida e que dará o bouquet e o paladar típico. Nas destilarias atuais os equipamentos de destilação são de aço inox, com exceção do alambique que são de cobre.

## 7. Referências

1. Biotechnology Principles, John E. Smith, Van Nostrand Reinhold Co. Ltd.(1985).
2. Biotecnologia: Tecnologia das Fermentações, Urgel de Almeida Lima, Eugênio Aquarone & Walter Borzani, Editora Edgard Blucher Ltda (1975).
3. Basic Biotechnology, John Bu'Lock & Bjorn Kristiansen, Academic Press (1987).

## 8. Informações Complementares

### 8.1 Produção de Cerveja (Resumo processo industrial)

- O primeiro passo da fabricação de cerveja é a recepção e o armazenamento do malte, adjuntos em silos e lúpulo em adegas.
- Em seguida é realizada a trituração do malte.
- Depois, o malte moído é misturado com água e adição do adjunto (quando utilizado milho ou arroz) já previamente cozido.
- Após isso, há a clarificação do mosto que é a separação das cascas do malte e do cereal adjunto para se extrair só o mosto em forma líquida, mediante filtração.
- Na cocção é acrescentado ao mosto o lúpulo e a High Maltose (quando esta é utilizada como adjunto cervejeiro) e é fervido a 100° C.
- Em seguida, o mosto é encaminhado para tinas de decantação e depois resfriado com o auxílio de trocadores de calor.
- O sétimo passo é a fermentação que consiste na transformação dos açúcares fermentáveis, em álcool e gás carbônico, pela ação do fermento. O tempo de fermentação varia conforme o tipo de cerveja.
- Na maturação a cerveja fermentada é armazenada, em baixa temperatura e sob pressão, durante mais ou menos 15 dias dependendo do tipo de cerveja.
- A filtração confere à cerveja aquela cor cristalina típica, o brilho, a transparência e o sabor característico. É nessa etapa que são adicionados os aditivos.
- Nesse momento já temos a chamada cerveja crua, o chope, que já está pronto para ser embarrilado e distribuído, pois não é pasteurizado.
- No engarrafamento as garrafas são lavadas por máquinas automáticas, e rigorosamente inspecionadas passando, depois de cheias, pelo pasteurizador.
- A pasteurização tem por objetivo inibir os microorganismos nocivos a sua durabilidade e é feita numa temperatura de 60 °C por um período de 20 min.
- Após serem pasteurizadas as cervejas em garrafa são rotuladas.
- Por fim, os barris de chopp, engradados plásticos com cervejas em garrafa e caixas de cerveja em lata ou long neck, são transportadas por esteiras para os caminhões de entrega na revenda.

