



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

2009

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
8.1 BIOFIL (Celulose Microbiana).....	12
8.2. Plásticos Biodegradáveis.....	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

Características	Alto valor Pequena escala	Baixo valor Grande escala
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

Segmento Industrial	Atividades Industriais
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

Características	Reator Químico	Biorreator
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 C₁ a C₄, as olefinas e os aromáticos C₆ a C₈. 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 metabolizados (decomposição) a compostos intermediários e a vários compostos de baixo 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 melão e se obtém a aguardente ou cachaça, por destilação. Em Cuba, utiliza-se o melão 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 (α e β -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 (α e β -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 α amilase. O mosto resultante do cozinhador é misturado com o restante do malte para obtenção do mosto doce, pela ação da β -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 CO₂ 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 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 apresenta-se seis aspectos principais na fabricação da cerveja.

Matérias-primas	Pré-tratamento
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
Bioacatalisador	Biorreator
Levedura (0,3 a 0,4 kg)	Fermentação
Tratamento final	Produto
Maturação	
Filtração	
Pasteurização	Cerveja* (100 litros)

Figura 1. Seis aspectos da produção de cerveja

Tabela 8. Componentes principais da cerveja

Componentes	Faixa de valores
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 (Ca SO₄ e Mg SO₄): 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° 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.

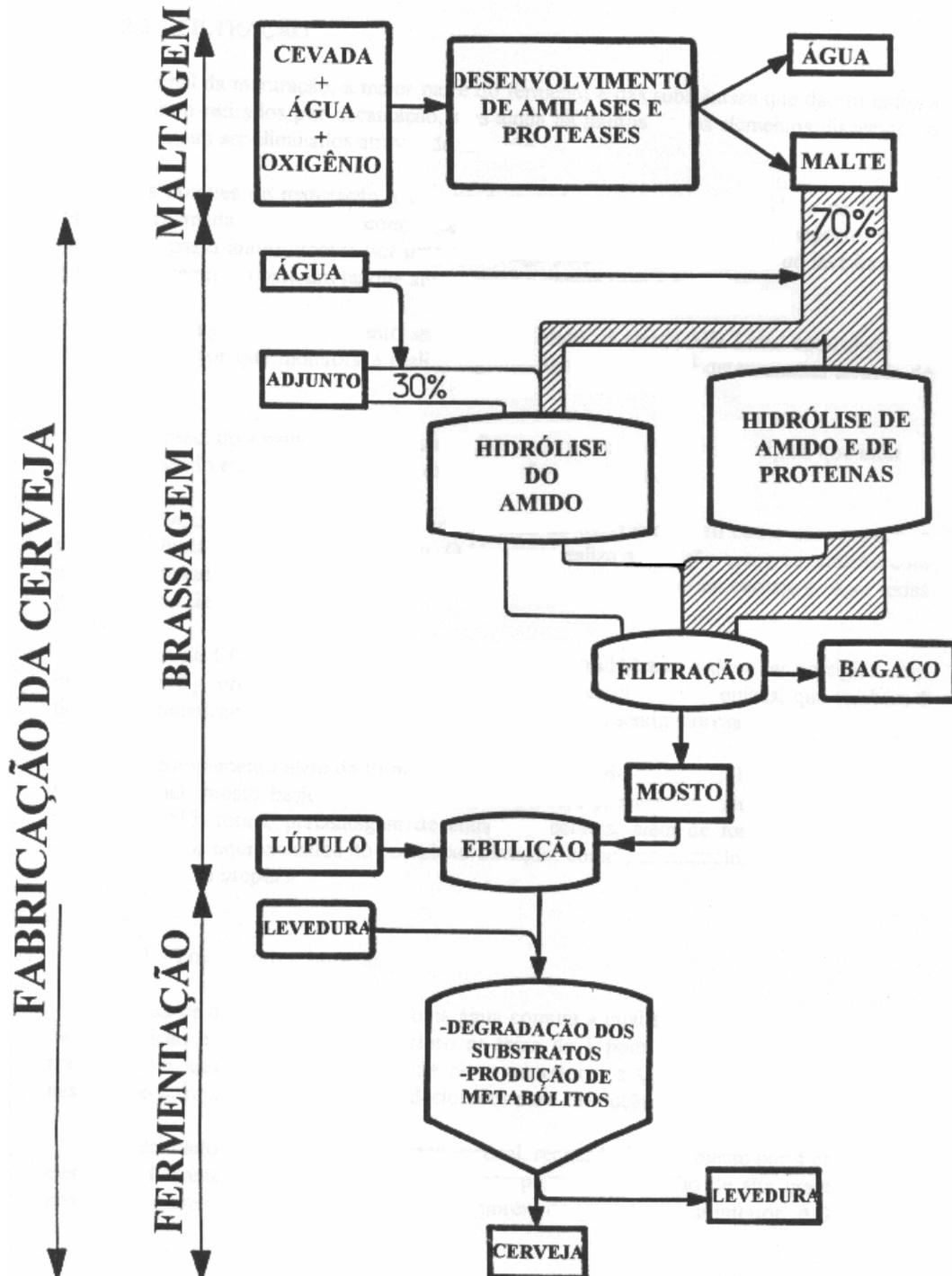
7. Referências

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.



MALTE

No Brasil, as indústrias cervejeiras preferem não utilizar malte de uma só procedência mas, sim, uma mistura de diversos maltes. Uma vez estabelecida a composição da mistura, cada partida de malte é pesada separadamente.

Ainda que as palavras "trituração" e "moagem" se utilizem com frequência como sinônimos, o termo "trituração" é o que melhor descreve esta etapa do processamento. A grande maioria das indústrias busca com a moagem, a redução de toda a matéria a um grau uniforme de finura.

Para o malte, os objetivos nesta etapa são os seguintes:

- Rasgar a casca, de preferência no sentido longitudinal, para deixar exposta a porção interior do grão, que é o endospermo.

- Produzir, mediante a ação de trituração, a desintegração total do endospermo, para que todos os seus elementos constituintes estejam acessíveis à atuação da ação enzimática.

- Manter a quantidade de elementos finos (farinha) a um mínimo, para evitar a formação de substâncias que produzam uma quantidade excessiva de pasta dentro do mosto. A moagem do malte não deve ser muito fina a ponto de tornar lenta a filtragem do mosto ou, ao contrário, muito grossa, o que dificultaria a hidrólise do amido.

Ao contrário do que possa parecer, não são os fragmentos muito finos de casca que causam problemas de filtragem, embora seja melhor que a casca permaneça inteira. A maior dificuldade provém de partículas finas de endosperma, proteína e de grãos de amido muito pequenos, como consequência de grãos muito moídos. O condicionamento do malte antes da moagem, por injeção de vapor ou borrifamento de água fria é suficiente para evitar que a moagem seja muito drástica, além de tornar a casca mais flexível e menos sujeita a despedaçar-se no moinho.

COZIMENTO E RESFRIAMENTO DO MOSTO MOSTURAÇÃO

Compreende a mistura do malte moído com água e a adição de seu complemento. O objetivo é promover a liquefação e posterior hidrólise do amido a açúcares. O pH e a temperatura interagem para controlar a degradação do amido e das proteínas.

Pelo processo de mosturação, obtém-se a extração de 65% dos sólidos totais do malte que, em dissolução ou suspensão em água, constituirão o mosto para a fermentação da cerveja. Quando o arroz ou milho são utilizados como complemento, são liquefeitos à parte em "cozinheiros", com adição de 1/3 do peso total de malte para diminuir a viscosidade da pasta e, a seguir, acrescentados ao mosto. Neste caso, são extraídos de 80 a 90% dos sólidos totais do complemento, que passarão a constituir o mosto, após serem, juntamente com o malte, sacarificados e filtrados.

Para se entender o processo de mosturação é necessário fazer algumas colocações sobre as enzimas.

Enzimas são substâncias existentes em todos os seres vivos, animais ou vegetais. São responsáveis pelas transformações bioquímicas entre as substâncias, para gerar algum tipo de substância nova, podem acelerar as reações químicas até um pré-determinado grau e agem como catalisadores. Portanto, não são consumidas pela reação. Existem enzimas específicas para cada reação e todo processo enzimático depende da temperatura, do tempo e do grau de acidez do meio em que atuam.

No processo cervejeiro, as enzimas do malte têm como função transformar o amido em açúcar e solubilizar as proteínas. A enzima amilase (diástase) é a responsável pela decomposição do amido em dois procedimentos distintos:

- Liquefação do amido pela alfa amilase;
- Açucaração pela beta amilase.

A enzima peptidase, rompe os complexos protéicos do malte proporcionando maior quantidade de proteínas solúveis no mosto. O malte ainda é o único agente sacarificante permitido na fabricação da cerveja, embora técnicas sejam propostas para sua substituição pelo uso de enzimas puras. A liquefação do amido facilita a atuação das enzimas já que expõe as cadeias do polissacarídeo que, em sua forma cristalina, é mais resistente ao ataque enzimático. Amidos de maior teor de amilopectina, fécula de raízes e tubérculos ou cereais "cerosos", proporcionam menor rendimento alcoólico e cerveja mais encorpada. O uso adequado do complemento permite jogar com esses fatores, levando-se em conta o tipo de cerveja que se pretende produzir, ou seja, leve ou densa.

Pesquisas recentes têm proposto o uso de enzimas bacterianas, como a pululanase, capazes de agir sobre as ligações alfa, ocasionando o desdobramento das cadeias ramificadas das dextrinas em cadeias retilíneas que as fazem suscetíveis às enzimas do malte. As enzimas desdobram o amido do próprio malte e podem ainda hidrolisar o correspondente a 50% do peso do malte, em forma de complemento acrescentado. Acima deste limite, torna-se necessária a adição de enzimas suplementares.

FILTRAÇÃO

Após a açucaração da mostura há a clarificação do mosto com a sedimentação natural do bagaço, uma massa resultante da aglutinação da casca com resíduos do processo. A remoção do mosto limpo é efetuada por gravidade através do bagaço nas tinas de filtração, que possuem fundo falso tipo peneira. Pode ser feita ainda em filtros, prensas e através de panos de algodão ou nylon.

Na primeira parte da filtragem, o líquido passa através da camada de cascas do malte depositadas no fundo da tina de filtração, constituindo o mosto primário. Uma vez drenado, a camada de cascas é borrifada com água a 75°C por diversas vezes, de modo que, quando o resíduo se apresenta com menos de 1% de extratos solúveis, é considerado como totalmente esgotado. A extração pode ser feita em uma só operação ou ser subdividida em duas e/ou até três etapas em função da quantidade de material a ser extraída. O resíduo esgotado pode ser

utilizado para a fabricação de ração animal quando é acrescido de outros componentes como leveduras, depósitos protéicos e resíduos de cereais. Pesquisas recentes informam que ajudam na melhoria de alimentos para consumo humano por seu valor nutritivo e teor de fibras.

COCCÃO

A fervura do mosto a 100°C com lúpulo estabiliza sua composição, inativando as amilases e proteases por causar coagulação das proteínas, que se precipitam em flocos denominados "trubs". O processo leva em torno de 60 a 90 min. Outros efeitos da fervura do mosto são a aromatização, a concentração e a esterilização, além da caramelização de alguns açúcares. Também ocorrem diversas reações químicas entre os componentes do mosto como a coagulação do tanino do lúpulo por reação com a proteína.

Muitas vezes, o lúpulo é acrescentado quando a fervura vai ao meio ou mesmo no final. Outras vezes pode ser adicionado em parcelas durante o processamento. A razão é que os óleos essenciais responsáveis pelo desenvolvimento do aroma são voláteis, podendo perder-se na fervura. A quantidade de lúpulo utilizada varia com a forma em que este se encontra e da cerveja a ser produzida. Se o xarope (High Maltose) é usado como complemento do malte, sua adição é feita no final da fervura.

O processo de ebulição proporciona estabilidade ao mosto em quatro sentidos: biológico, bioquímico, coloidal e sabor. Os fatores físicos que participam do desenvolvimento da estabilidade são duração e vigor da ebulição. As borbulhas de vapor que aparecem em uma ebulição intensa ajudam a formar um bom coágulo. Por isso é importante que todo o mosto mantenha uma temperatura uniforme, sem a formação de sítios de menor temperatura.

Da tina de filtração para a de cozimento, não é permitida a entrada de ar, pois a presença de oxigênio no mosto inibe a coagulação da proteína, assim como os taninos se oxidam à formas mais precipitáveis na presença do ar.

DECANTAÇÃO E O RESFRIAMENTO

Os objetivos do resfriamento do mosto são:

- Abaixar a temperatura do mosto de cerca de 100°C
- Até a temperatura do início de fermentação (entre 9 e 12°C);
- Eliminar os constituintes do mosto que sejam produtores de turbidez;
- A reação adequada do mosto para permitir que opere devidamente a levedura.

Nesta fase, precipitam-se complexos de proteínas com resinas e taninos, reação conhecida como "cold break", que se inicia a 65°C.

FERMENTAÇÃO

Consiste na decomposição dos açúcares fermentáveis do mosto em álcool e gás carbônico pela ação da levedura. O levedo produz álcool e gás carbônico ao dissociar os açúcares fermentáveis alimentando-se, ao mesmo tempo, de proteínas, sais minerais e alguns açúcares.

As leveduras mais utilizadas em cervejaria são duas as espécies do gênero *Saccharomyces*, *S. cerevisiae* e *S. uvarum* (*S. carlsbergensis*). A cerveja americana e a alemã Pilsener do tipo Lager são produzidas pela fermentação profunda (baixa), por cepas de *S. uvarum*. São consideradas como de alta atividade fermentativa e de menor capacidade respiratória que a *S. cerevisiae*. As cervejas inglesas Porter ou Stout do tipo Ale são, em geral, produzidas por fermentação superficial (alta), realizadas por cepas de *S. cerevisiae*.

Outras leveduras, como as dos gêneros *Schizosaccacharomyces*, *Hansenula*, *Pichia*, *Torulopsis*, *Candida*, *Brettanomyces* e assim como algumas outras espécies de *Saccharomyces* estão relacionadas com a deterioração da cerveja e são normalmente denominadas leveduras "selvagens", no sentido de ser diferente das cultivadas. Elas proporcionam sabor e aroma anormais, razão por que são consideradas como infecções perigosas e representam sério risco à qualidade da cerveja. Exames microbianos de rotina devem ser feitos para esses contaminantes, assim como para bactérias, para que a qualidade da cultura do fermento utilizado seja mantida.

As fermentações têm início com cepas de leveduras puras mantidas em meio de cultura sólida ou células liofilizadas, selecionadas para o processamento específico da cervejaria. Normalmente, originam-se de cepas submetidas à seleção genética, visando obter melhores respostas às condições de fabricação, adequação às matérias-primas utilizadas, às técnicas de mosturação e fermentação e às preferências do consumidor quanto ao sabor e ao aroma. A baixa temperatura da fermentação faz com que a mesma seja prolongada, permitindo a formação dos compostos responsáveis pelo sabor e pelo aroma, assim como a estabilização da cerveja. Em temperaturas mais elevadas, diminui-se o tempo de fermentação. Porém, diminui a vitalidade das leveduras e estimula o desenvolvimento de bactérias, além de aumentar os teores de diacetil, ácido sulfídrico e acetaldeído na fermentação, prejudiciais à qualidade da cerveja.

METABOLISMO

É possível conceituar, em termos amplos, dois tipos de metabolismos gerais. O mais freqüente denomina-se metabolismo primário, comum em suas linhas gerais aos seres vivos. Neste tipo de metabolismo, toda a economia da célula está voltada para a eficiente transformação dos nutrientes do meio. Não há sub-produção de outras substâncias além dos produtos finais.

Resumindo, a transformação eficiente dos nutrientes consiste em sua oxidação visando a obtenção de energia livre armazenável e de precursores, bem como à transformação destes às custas da energia obtida em componentes celulares. Entretanto, o exame dos microorganismos economicamente importantes ao homem mostra a existência de outro tipo de metabolismo no qual a transformação dos nutrientes em massa viva não é tão eficiente.

Essa segunda categoria metabólica foi denominada metabolismo secundário. Pode-se entender a produção de metabólitos secundários pelos organismos como decorrentes dos seguintes fatores:

Ajuste adaptativo a condições nutricionais desfavoráveis para a manutenção da vida ou para a reprodução celular, quando a célula encontra outras possibilidades metabólicas para manter-se em funcionamento, mesmo precariamente, mecanismos essenciais ao fornecimento de energia e a produção de precursores; defeitos genéticos que se traduzem por defeitos metabólicos. Nesses casos, o metabólito secundário é um produto "patológico" produzido por via metabólica que também visa manter em funcionamento, mesmo precário, os mecanismos essenciais cuja operação eficiente foi perturbada pelo defeito genético.

MATURAÇÃO

Consiste no armazenamento da cerveja fermentada a baixa temperatura durante um determinado período de tempo. Uma lenta fermentação ocorre na cerveja, proporcionando a clarificação por precipitação de leveduras e proteínas, assim como de sólidos solúveis. Além destas, ocorrem alterações químicas que auxiliam a clarificação e melhoram o aroma e sabor. Ao iniciar-se a maturação, a maior parte dos açúcares foi metabolizado a álcool etílico, gás carbônico, glicerol, ácido acético e álcoois superiores.

As importantes funções da maturação são:

- Carbonatação;
- Clarificação;
- Maturação do sabor.

CARBONATAÇÃO

É feita por contrapressão no próprio tanque de maturação com o gás carbônico produzido na fermentação do extrato restante. O gás carbônico produzido é suficiente para fornecer à cerveja o teor quase correto, sendo somente corrigido após a filtração para uma padronização das produções.

CLARIFICAÇÃO

Acontece depois da fermentação, pois a cerveja se apresenta extremamente turva devido à presença de leveduras (até 10 milhões de células/ml). Esta turbidez é reduzida, pois com o resfriamento há uma sedimentação por gravidade clarificando a cerveja. Esta clarificação será depois aprimorada pela filtração, onde a cerveja sofrerá o polimento final.

A maturação do sabor. Três reações têm grande influência sobre a maturação do sabor: a redução na concentração de ácido sulfídrico, de acetaldeído e de diacetil. Todos estes compostos são produtos da fermentação da levedura. Podem ser minimizados mediante a menor temperatura de fermentação, a seleção da levedura e a composição do mosto. Álcoois superiores e ácidos graxos se formam durante a fermentação e não se modificam significativamente durante a maturação. O álcool amílico pode aumentar durante o repouso prolongado. Os ésteres aumentam na mesma proporção que se produz etanol.

MATURAÇÃO

Durante o período de maturação são formados ésteres dando origem a aroma e sabor que caracterizam a cerveja "madura". Entre os ésteres predominam o acetato de etila em média de 21,4 mg/l e o acetato de amila com 2,6 mg/l.

FILTRAÇÃO E SUAS ETAPAS

Primeira etapa:

Retenção das partículas de maior porte. São as leveduras em maior porcentagem. Para esta etapa, utilizam-se filtros de terra diatomácea. As diatomáceas são algas aquáticas muito pequenas, que originam grandes depósitos conhecidos como terras diatomáceas por consistirem principalmente de sílica. Porém têm uma estrutura microporosa, especialmente adequada como auxiliar de filtrações.

Etapa intermediária:

Consiste na retenção de moléculas médias, geralmente proteínas. Como agente de filtração é empregado o PVPP (polivinil pirrolidona). Busca-se assim a estabilidade da cerveja.

Filtração de polimento:

É a etapa final, responsável por dar o brilho à cerveja. Nessa etapa, as partículas ainda em suspensão na cerveja serão retidas por filtros de placas, em geral constituídos de celulose, ou filtros de nylon, conhecidos como "fiel".

ENVASAMENTO

A cerveja acondicionada em latas e garrafas é esterilizada por pasteurização.

A pasteurização da cerveja envasada é realizada em túneis onde a temperatura é elevada à 60°C e mantida nessa temperatura até garantir a morte dos microorganismos deterioradores. Em seguida, sofre um drástico resfriamento. As garrafas e as latas enviadas para o comércio são inspecionadas para evitar defeitos. A cerveja em barris, denominada chopp, não é pasteurizada e, por isso, deve ser armazenada a baixa temperatura em recipiente de aço inoxidável, alumínio ou madeira, de volume variável e ainda assim, tem conservação limitada.

8.2 Biofil (Celulose Microbiana)

É uma película de celulose, constituída de uma rede de fibras, obtida pela biossíntese realizada por bactérias do gênero *Acetobacter*. Esta película tem sido usada com sucesso no tratamento de queimaduras e apresenta as seguintes vantagens:

imediate alívio da dor

grande aderência na pele promovida pelo próprio microorganismo

formação de uma barreira contra infecções

cicatrização mais rápida

Descrição simplificada do processo:

Substrato:	Sacarose enriquecida com extrato de levedura
Micro-organismo:	<i>Acetobacter aceti</i>
Temperatura:	28° C
Tempo :	48 h

O cultivo do micro-organismo em reatores sem agitação e aeração permite o crescimento do microorganismo na superfície do meio, formando uma película de 0,5-1,0 cm de espessura. Como tratamento final é efetuada uma secagem, sendo obtida uma película de espessura entre 0,05 a 0,1 mm contendo 90% de celulose. Este produto é comercializado pela Biofil-Indústria e Comércio de Produtos Biotecnológicos, situada em Curitiba/ Paraná

8.3. Plásticos Biodegradáveis

Trata-se de um processo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas/ COPERSUCAR, que utiliza as características de particulares linhagens de bactérias (*Alcaligenes e Pseudomonas*) para produção de biomassa microbiana com alto teor do polímero PHB poli (3 hidroxibutirato) a partir de caldo de cana clarificado.

O processo é desenvolvido em dois estágios, sendo que, no primeiro estágio é produzido uma alta concentração de biomassa microbiana e baixo teor de polímero. No segundo estágio, é promovido o acúmulo do polímero, através da limitação nutricional do meio de cultura. O tempo global do processo é de aproximadamente 72 horas, sendo obtido um rendimento de 70 g/L de biomassa bacteriana contendo 70 a 80 % de PHB. Para cada Kg de polímero obtido são consumidos 2,5 Kg de açúcar.

A recuperação do produto é realizada por extração com solventes orgânicos seguida da separação, purificação e secagem. A eficiência global desta etapa é da ordem de 90 %. O produto obtido (PHB) apresenta um alto grau de pureza e biodegradabilidade.