

## Alternativas tecnológicas para a otimização do processo de produção de cerveja

O processo de produção de cerveja normalmente demanda cerca de 8 a 10 horas para a elaboração do mosto, 5 a 6 dias para a fermentação, 7 a 10 dias para a maturação e cerca de algumas horas para a filtração e envasamento.



com características próprias a partir de uma “cerveja-mãe”.

Algumas desvantagens também podem ser citadas: com frequência são observadas quedas na eficiência da sala de cozimento, necessita-se da adição de mais lúpulo, maior dosagem de levedura, necessidade de equipamento de desaeração e armazenagem de água, pode ser necessário o uso de centrífuga e pode haver maior dificuldade de se igualar o “flavor” (aroma e sabor) da cerveja.

### Utilização de enzimas na mosturação

A adição de enzimas Beta-glucanases (obtidas de cepas selecionadas de *Humicola insolens*) no processo de mosturação permite uma segura degradação dos Beta-glucanos, pentosanos e outras substâncias glutinosas.

Duas razões para uma má filtração são o alto teor de Beta-glucanos no mosto e a sobrecarga da tina-filtro. A redução na carga e/ou a adição de enzimas Beta-glucanases no início da mosturação são normalmente eficientes para o aumento da capacidade de filtração da tina-filtro e na filtração demanda menos tempo = maior vazão). Sua atividade permanece durante a maior parte da mosturação. Por isso, Beta-glucanos e outros polissacarídeos que são extraídos até o fim do processo de mosturação são efetivamente hidrolisados. Por outro lado, a fervura do mosto inativa rápida e completamente as enzimas, de modo que nenhuma enzima ativa estará presente durante a fermentação e na cerveja pronta.

### Filtração do mosto sob pressão

A utilização de filtros de mosto (filtros-prensa) modernos permite 10 ou mais cozimentos por dia. Muitos filtros de mosto possuem membranas montadas em seus quadros, de modo que o bagaço é “espremido”, obtendo-se o máximo em mosto (rendimento), e também um bagaço mais seco.

Normalmente a capacidade instalada de uma cervejaria no Brasil é calculada para uma **Gravity Brewing)**

produção máxima anual, que é dividida ao longo do ano, sem nenhuma reserva para os meses de pico de produção - normalmente o verão.

No verão utiliza-se a capacidade máxima instalada e qualquer falha no processo - mesmo de poucas horas - representa perda de produção! O que fazer então para que as cervejarias possam extrapolar a sua capacidade instalada, sem comprometer a qualidade da cerveja?

Existem algumas tecnologias disponíveis, desde o processo na sala de cozimento até o envasamento, que serão abordadas a seguir. Estas tecnologias não representam apenas uma redução no tempo de processamento, mas também reduzem o consumo de insumos, como energia elétrica e vapor, e muitas vezes também, despesas com operação e manutenção.

**Elaboração de mosto concentrado (High**

A produção de cerveja com concentrações acima dos usuais (11°P - 12°P) permite um aumento da capacidade de produção da ordem de 25% - 30% (concentrações de 14°P - 16°P) ou mais (concentrações de 18°P - 20°P = Very High Gravity Brewing), sem prejudicar as características de qualidade da cerveja.

Na sala de cozimento elabora-se o mosto primário a partir de malte e quando a capacidade a tina de mostura e tina-filtro são excedidas, adiciona-se xarope de alta maltose (adjunto) no cozedor de mosto.

O mosto é fermentado e maturado de modo convencional e a cerveja é diluída com água especialmente tratada, durante o processo de filtração.

Outras vantagens são a redução do consumo de energia, custos e mão-de-obra, melhoria da estabilidade físico-química e organoléptica, a cerveja pode ser mais ou menos diluída, permitindo obter cervejas

Mesmo nos filtros de mosto mais antigos já era possível trabalhar com uma leve contrapressão de ar comprimido na expulsão da água de lavagem e resto de mosto, o que permitia obter um ciclo completo de ocupação do filtro de cerca de 90 minutos.

Modernas tinas-filtro, que trabalham sob leve contrapressão de gás inerte (15 mbar - 35 mbar) permitem mais de 10 cozimentos por dia (o número de cozimentos/dia pode chegar a 12).

Este processo permite também que se utilize uma maior quantidade de malte por

metro quadrado (kg de malte/m<sup>2</sup>) de fundo perfurado (por exemplo, quando da utilização do processo High Gravity - HG).

### Cozimento a baixa pressão (NDK)

No cozimento a baixa pressão (NDK) faz-se uso do fato de que reações químicas sob pressão e temperatura elevadas ocorrem mais rápido e com mais eficiência. As temperaturas de cozimento encontram-se na faixa de cerca de 104°C - 108°C (pressões de 0,17 a 0,33 bar).

O cozedor de mosto é dimensionado para

uma pressão máxima de trabalho de 0,5 bar. O aquecimento pode ser efetuado através de um aquecedor externo, mas na maioria dos casos é utilizado um cozedor interno.

A taxa de vaporização horária varia de 4% a 6,5%. O tempo de fervura pode ser reduzido a cerca de 60 minutos.

Como vantagens pode-se citar a possibilidade de que é possível descarregar vapor em todas as fases do processo, a temperatura de fervura e a taxa de vaporização horária são configuráveis, pode-se também ferver sem pressão (modo convencional - aberto).

### Cozimento do mosto a alta temperatura (HTW)

Trata-se de um processo contínuo de cozimento de mosto, que opera em temperaturas de 130°C a 140°C por 180 segundos, respectivamente 150 segundos (mais tarde utilizou-se cerca de 120°C por 240 a 360 segundos).

O mosto é bombeado através de um sistema de três trocadores de calor, onde os dois primeiros aquecem o mosto por meio de vapor recuperado e o terceiro trocador de calor (tubular) aquece o mosto por meio de vapor fresco até a temperatura de reação química.

O mosto mantém-se a alta temperatura numa serpentina de manutenção de temperatura, após o que ocorre a despressurização em dois estágios, com bombeamento do mosto para o Whirlpool. Apesar da concepção do equipamento ser muito boa - no que se refere ao consumo de energia, já que reaproveita imediatamente o calor gerado - não se pode deixar de observar as desvantagens tecnológicas:

- A vaporização só ocorre nas fases de despressurização;
- Temperaturas de reação muito elevadas (temperaturas de fervura) provocam caramelizações nas superfícies de aquecimento e reação;
- O mosto filtrado deve permanecer por algum tempo no tanque de mosto primário, aguardando a sua fervura;
- São necessários vários Whirlpools.

### Utilização de aditivos no cozimento do mosto

A utilização de aditivos durante o cozimento do mosto (compostos à base de ácido tânico, carragena, PVPP entre outros) permite uma redução do tempo de fervura do mosto, onde a ação se baseia na





precipitação das proteínas, polifenóis e outras substâncias turvadoras.

Por exemplo, quando utilizamos ácido tânico, sua dosagem (6-8 g/hl) é efetuada 5- 10 minutos antes do final da fervura. Os resultados são o aumento da floculação proteica na fervura (melhora a estabilidade físico-química), a turbidez do mosto quente é menor, o cone de trub no Whirlpool é mais compacto e regular e aumenta o poder redutor antioxidante da cerveja.

### Gerenciamento da levedura

O correto gerenciamento da levedura durante o processo de fermentação e principalmente na adegua de levedura são primordiais para otimizar o tempo de fermentação.

Uma aeração suficiente da levedura leva a um aumento de sua vitalidade. O fornecimento regular de oxigênio para a levedura ocorre apenas quando a levedura está livre de CO<sub>2</sub>, também do intracelular. Caso seja possível, a levedura deveria ser inoculada sem ter sido armazenada, com isso elimina-se a necessidade do resfriamento. Caso isto não ocorra, deve-se resfriá-la rapidamente a temperaturas de 1°C a 3°C, o que na prática muitas vezes

não é possível atingir, quando se utiliza tanques de armazenagem de levedura com resfriamento por etanol e eventualmente sem agitadores internos.

Para uma armazenagem mais longa da levedura recomenda-se um aerar curto e diário, já que o metabolismo da respiração propicia um ganho de energia maior. Esta aeração deve ser efetuada apenas a baixas temperaturas (1°C a 4°C).

### Fermentação contínua

O processo de fermentação contínua APV trabalha com uma torre de fermentação, que apresenta uma altura de sete metros para uma vazão diária de cerca de 200 hl de cerveja.

O mosto é fermentado nesta torre num fluxo ascendente (de baixo para cima), onde é elevada a concentração de levedura (15 kg/hl) e alta temperatura (29°C).

O tempo de fermentação perfaz, neste processo de fluxo contínuo, de 2 a 8 horas. A maturação ocorre de modo descontinuado em tanques de maturação.

### Fermentação sob pressão

A fermentação sob pressão é um processo que permite envasar a cerveja após 8 a 14 dias. A dosagem de levedura é da ordem

de 0,5 l/hl, podendo chegar no máximo a 1 litro/hl.

A levedura mais adaptada às condições da fermentação sob pressão é a pulverulenta, podendo-se utilizar a floculenta, desde que se evite a sua rápida floculação.

As temperaturas no início da fermentação oscilam em torno de 10-12°C, subindo para 18-21°C ou mais. As pressões no início da fermentação ficam ao redor de 0,4-0,5 kgf/cm<sup>2</sup>. De acordo com o processo, aumenta-se a contrapressão para 1,8-2,0 kgf/cm<sup>2</sup> quando ainda houver 1,2-1,3 % de extrato fermentável.

Esta contrapressão elevada é necessária para a saturação da cerveja com CO<sub>2</sub>. Ao se transvasar a cerveja para a maturação, é recomendável efetuar o resfriamento através de trocador de calor e o tanque de maturação deverá estar pressurizado com CO<sub>2</sub>, com uma contrapressão de 0,8-0,9 kgf/cm<sup>2</sup>.

### Utilização de aditivos na fermentação

A utilização de aditivos reguladores e ativadores da fermentação permite o fornecimento de nutrientes necessários para o desenvolvimento da levedura (elementos minerais e vitaminas), aumentando a massa de levedura em cerca de 30% com relação ao processo normal, o que permite reduzir os tempos de fermentação em até dois dias e duplicar a quantidade de açúcares fermentados em 48 horas.

Particularmente favoráveis são os resultados obtidos nas cervejas high- gravity, cujas características sensoriais apresentam sensível melhora.

A composição destes aditivos é complexa e engloba celulose polisacáridica de cadeia longa, fosfato e sulfato de amônia, vitamina B1, hidrogel de sílica, bentonita ativada e cloreto de zinco.

### Maturação contínua

O tempo da fermentação secundária ou maturação da cerveja pode ser reduzida de semanas para algumas horas, através do sistema de levedura imobilizada.

As propriedades do material-suporte do biorreator permitem que a levedura fique imobilizada na superfície de uma matriz-suporte reticular - assegurando bom contato entre a levedura e a cerveja - ao invés de ser encapsulada ou presa dentro de material poroso. O mecanismo de imobilização da levedura é baseado na interação eletrostática entre a superfície carregada negativamente da levedura e a

superfície carregada positivamente da matriz-suporte.

O processo é controlado automaticamente, onde a levedura da cerveja fermentada em processo convencional é separada tão completamente quanto possível através de centrifuga de alto desempenho.

O objetivo do subsequente tratamento térmico da cerveja é o de converter todos os precursores do diacetil em diacetil livre, que é então removido no biorreator.

O fluxo contínuo para o interior do biorreator é ajustado para que o tempo de contato seja de aproximadamente duas horas, durante as quais o diacetil é convertido em compostos inativos sensorialmente, como acetoína e butandiol.

Muitas outras reações que afetam a maturação da cerveja também ocorrem, incluindo a complementação da fermentação, de modo que a atenuação final é atingida.

Após o resfriamento normal e a estabilização da cerveja, idênticos aos da cerveja produzida tradicionalmente, pode ser envasada separadamente ou misturada com a cerveja do processo tradicional, sob as mesmas especificações.

### Microfiltração da cerveja

A filtração estéril da cerveja é definida como uma operação que produz cerveja estéril pronta para o envasamento, sem a necessidade de pasteurização. Vários tipos de filtro são apropriados para tal fim: filtro de placas, filtro de membrana, vela cerâmica, filtro de cartucho.

A microfiltração da cerveja é viabilizada através da utilização de elementos filtrantes, capazes de assegurar a retenção absoluta, que apresentam um tamanho de poros de 0,45 u.

O tipo de filtro selecionado para a esterilização da cerveja vai depender da necessidade do cervejeiro e de parâmetros, como a vazão, facilidade de manutenção, limpeza e esterilização.

O principal benefício do processo, em comparação com o tratamento térmico, é que a estabilidade microbiológica da cerveja é assegurada (seis meses de vida de prateleira), sem, no entanto, afetar a estabilidade sensorial (aroma e sabor).

Os benefícios ambientais que ocorrem por meio da mudança da pasteurização de túnel para a filtração esterilizante a frio são a economia de energia e água, a redução da quantidade de efluentes e a quebra de vidro.

A cerveja proveniente do tanque de cerveja

filtrada (tanque de pressão) é filtrada por meio de um filtro de profundidade (que é utilizado para a pré-filtração fina da cerveja, de modo a não sobrecarregar o filtro de membrana esterilizante) e filtro de membrana antes da enchedora, no envasamento.

Por razões microbiológicas, deve-se evitar a inserção de equipamentos desnecessários (visores de linha, manômetros, etc) entre os filtros de membrana e a enchedora.

Devemos atentar para o fato de que não apenas a cerveja deverá apresentar excelentes condições microbiológicas, mas também os periféricos da enchedora, como arrolhador, linhas de alimentação, lavadora de garrafas e outros equipamentos e instalações que entrem em contato com a cerveja.

Muitas vezes as condições microbiológicas dos vasilhames (barris, latas e garrafas) são precárias, comprometendo a estabilidade microbiológica da cerveja (sua vida de prateleira).

### Flash-pasteurização da cerveja

O processo de flash-pasteurização permite

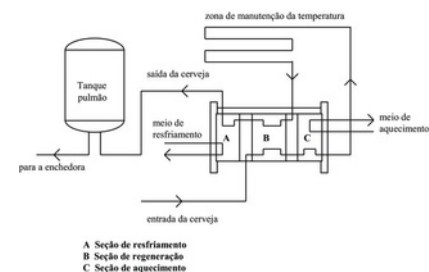
uma sensível redução no tempo de processamento no envasamento. A pasteurização de túnel demanda de 50 a 60 minutos para pasteurizar a cerveja, enquanto que, na flash-pasteurização a cerveja não passa mais do que 30 segundos na zona de manutenção de temperatura e é imediatamente resfriada à temperatura de enchimento, e quando se trabalha com baixos teores de oxigênio, a flash-pasteurização revela ser um processo que não altera as características do produto.

Ao se flash-pasteurizar cervejas sensíveis, pode-se diminuir a temperatura, aumentando o percurso da zona de manutenção de temperatura (conseqüentemente o tempo de contato). É recomendável uma temperatura mínima de 66°C e um tempo mínimo de contato de 15 segundos.

Na prática, os parâmetros vigentes são 72°C e 30 segundos, o que corresponde a 30 U.P., onde a pressão não deve ser inferior à pressão de saturação da bebida.

A flash-pasteurização consiste basicamente de um trocador de calor de placas (com uma recuperação de energia acima de 90%), de uma zona de manutenção de temperatura e de um tanque-pulmão.

### Fluxograma básico da flash-pasteurização



Microrganismos como *Lactobacillus brevis* e *casei*, *Pectinatus* e *Megasphaera* provocam contaminações secundárias na área de envasamento e apenas podem ser eliminados totalmente através de pasteurização.

Em combinação com rinsers (rinsagem do vasilhame vazio por meio de dióxido de cloro - ClO<sub>2</sub>) e enchedoras estéreis (esterilização por vapor), a flash-pasteurização oferece a possibilidade de assegurar a qualidade da cerveja que antes só podia ser pasteurizada em túnel. A cerveja é estabilizada biologicamente através da flash-pasteurização é enchida em vasilhame esterilizado no rinsers ou na enchedora.

Vários métodos podem ser utilizados para otimização do processo de produção de cerveja, desde equipamentos sofisticados até simples aditivos, e apenas o seu emprego adequado e correto pode otimizar sensivelmente o processo como um todo.

### Serviço:

Matthias R. Reinold  
Mestre cervejeiro diplomado (V.L.B - T.U. Berlin) E-mail: matthias@cervesia.com.br  
Site: www.cervesia.com.br

### Referências

- 1) A microfiltração da cerveja. Matthias R. Reinold. Engarrador Moderno nº 58 (jul/ago 1998).
- 2) A flash-pasteurização da cerveja. Matthias R. Reinold. Engarrador Moderno nº 51 (mai/jun / 97)
- 3) Catálogo da firma Tuchenagen Skandinavien A/S e Cultor Technology - Finland.
- 4) A utilização do processo High Gravity na indústria cervejeira. Matthias R. Reinold. Engarrador Moderno nº 47 (set/out 1996)
- 5) Equipamentos utilizados na filtração do mosto cervejeiro. Matthias R. Reinold. Engarrador Moderno nº 55 (jan/fev 1998).
- 6) Würzekochsysteme. W. Felgentraeger. Brauindustrie, 1/88.
- 7) Abriss der Bierbrauerei. Ludwig Narziss.
- 8) Catálogo da firma AEB Bioquímica Latino Americana.
- 9) Catálogo da firma Novo Nordisk.
- 10) Catálogo da firma Omnichem - Bélgica.
- 11) Modernes Hefemanagement - Massnahmen zur Erhaltung von Vitalität und Gäraktivität. Karl Wackerbauer e Stefan Kunerth.

### Exemplo de fluxograma de microfiltração da cerveja:

