



*Your German
Hopportunity!*

O uso do extrato de lúpulo CO₂ : uma comparação com pellets em termos de produção, composição, logística e tecnologia de cervejeira.

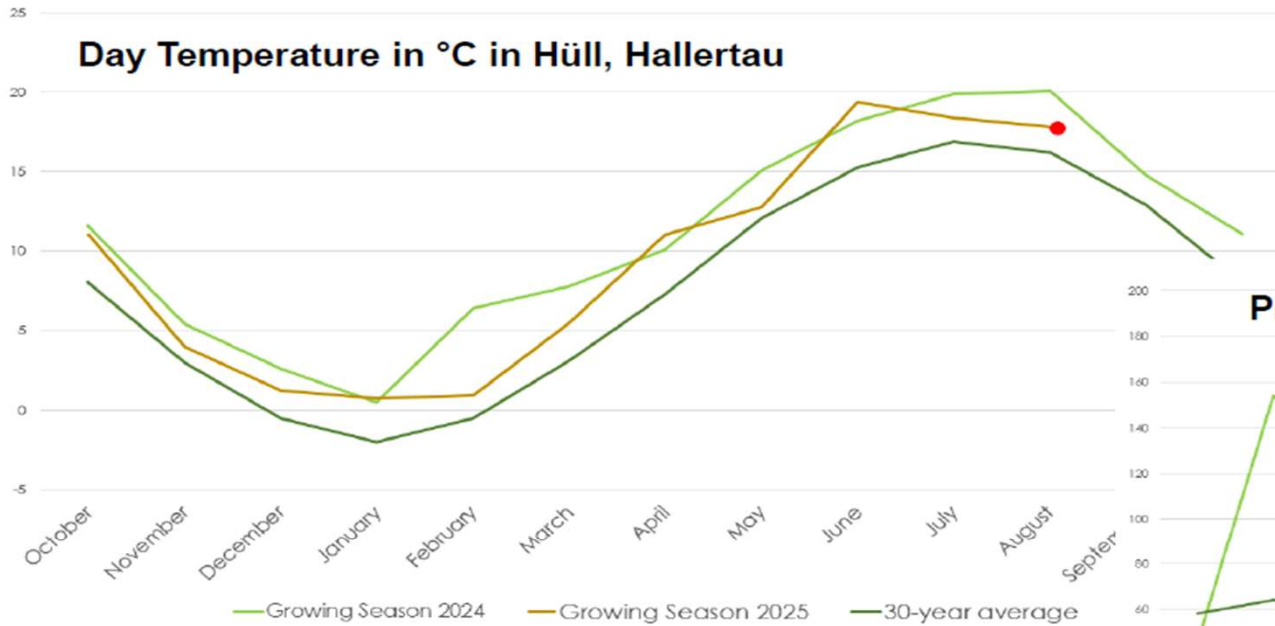
David Alegre

Congresso Técnico Cervejeiro 2026

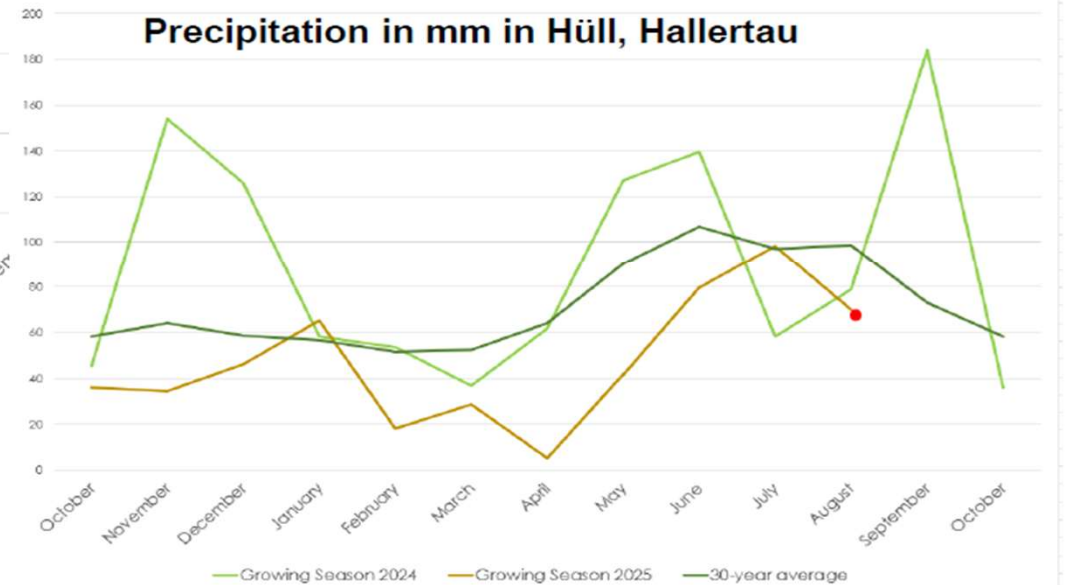


2. Weather Conditions in Hallertau 2025

Day Temperature in °C in Hüll, Hallertau



Precipitation in mm in Hüll, Hallertau





Situação atual:

Aproximadamente 20% da área cultivada com lúpulo poderia ser irrigada. O abastecimento de água é gerenciado individualmente por cada propriedade rural, com poços artesianos. A utilização adicional de água subterrânea é legalmente complexa.

Associação de Irrigação de Hallertau Para garantir o cultivo sustentável do lúpulo em vista das mudanças climáticas

Mudanças climáticas

Flutuações na produtividade e na qualidade

Segurança e competitividade do abastecimento

Situação-alvo: Garantir

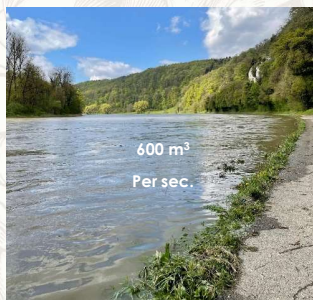
o cultivo de lúpulo por meio da expansão da área irrigada (EUA – 100% irrigada) Abastecimento de água baseado em sistemas sustentáveis e integrados (ex.: armazenamento de água em períodos de alta precipitação) Implementação de conceitos conjuntos com a associação de irrigação (de acordo com a WVG)

O que é uma associação de irrigação?

Empresa pública autônoma do setor hídrico, legalmente supervisionada pelo Estado (segundo a WVG). Representa os interesses públicos e auxilia seus membros. Modelo organizacional para implementar sistemas integrados de gestão de recursos hídricos em nível local e regional. Objetivo: Organização conjunta para obtenção de água para irrigação do lúpulo.

Associação de Irrigação de Hallertau
Associação para todos os municípios da região de Hallertau. Criação de loteamentos. Conceitos de irrigação sustentável para o cultivo de lúpulo

Danube Kelheim, outlet 30. April 2023



1. Collection of precipitation

Reservoir for strawberry irrigation, Northern Germany



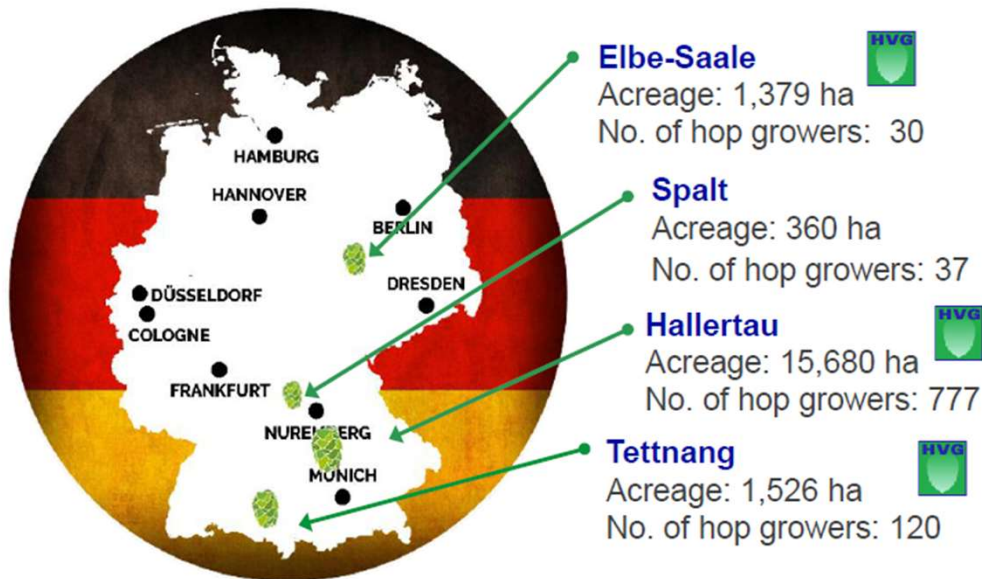
2. Water storage

Drip Irrigation in hops



3. Irrigation

Produção de Lúpulo na Alemanha em 2025



Germany 2025:
 ➔ Acreage: 18,962 ha
 ➔ No. of hop growers: 965

Em 2024, a Alemanha recuperou sua posição como o principal país produtor de lúpulo do mundo. Cerca de 1.000 famílias alemãs cultivam lúpulo em regiões com tradições profundamente enraizadas, oferecendo mais de 45 variedades para atender a todos os gostos e estilos de cerveja.

A vantagem da Alemanha reside em sua cadeia de valor transparente e na expertise do renomado instituto de pesquisa de lúpulo em Hüll, que impulsiona o cultivo sustentável.

O sistema de processamento de lúpulo de ponta garante pellets e extratos da mais alta qualidade, com os produtores detendo 40% da produção.

O armazenamento e o transporte seguem os mais altos padrões de qualidade.

Para enfrentar os desafios climáticos, variedades de lúpulo mais resistentes estão sendo cultivadas, a irrigação está sendo expandida e as emissões estão sendo reduzidas.

Ao se alinhar às necessidades dos cervejeiros, a Alemanha consolidou seu papel como líder global em lúpulo.



Top 10 países exportadores de lúpulo




Export of German Hops to Top 10 Customer Countries in 2024

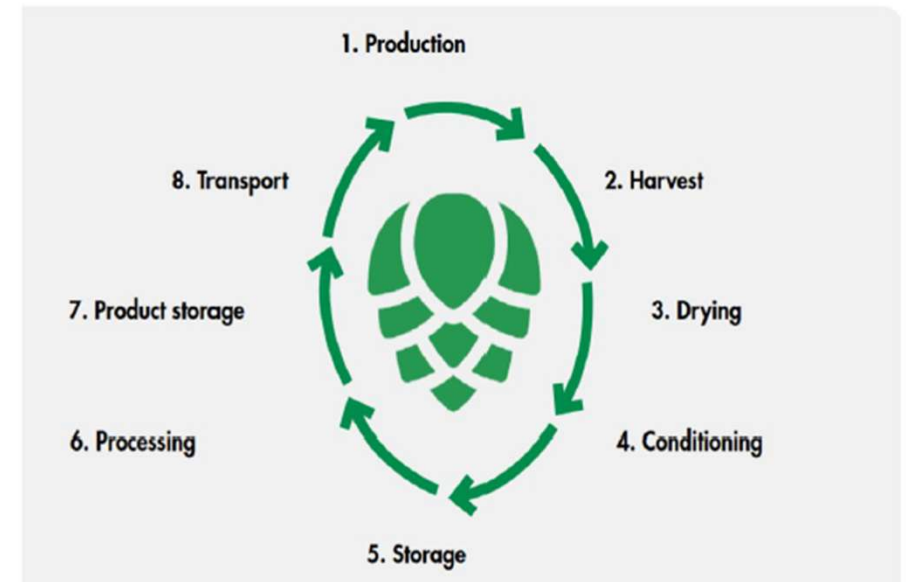
| | Total in t | Raw Hops in % | Pellets 90 in % | Pellets 45 in % | Extract in % |
|---------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Japan | 3,090 | 0.0 | 81.6 | 7.4 | 10.9 |
| Russia | 3,012 | 0.0 | 78.7 | 7.1 | 14.2 |
| China | 2,825 | 0.0 | 94.6 | 0.9 | 4.4 |
| Brazil | 2,345 | 0.0 | 68.1 | 23.4 | 8.5 |
| Great Britain | 1,990 | 4.8 | 40.6 | 3.5 | 51.1 |
| USA | 1,978 | 0.8 | 77.8 | 10.5 | 10.8 |
| Mexico | 1,904 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 |
| Spain | 1,637 | 0.3 | 25.2 | 21.8 | 52.6 |
| Belgium | 1,329 | 2.3 | 57.5 | 5.1 | 35.2 |
| Italy | 1,241 | 0.4 | 58.8 | 6.2 | 34.7 |
| TOP 10 Total | 21,355 | | | | |

Nossos produtos de lúpulo. Preservando a qualidade natural.



We offer a variety of hop products for a wide range of uses in the brewery. All these products share our commitment to traceability and quality.

| Whole hops  | Pellets  | Extract  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• HVG bale hops• HVG VacuPack | <ul style="list-style-type: none">• HVG Type 90 pellets• HVG Type 45 pellets• HVG ISO pellets | <ul style="list-style-type: none">• HVG CO₂ extract• HVG IKE Isomerized Kettle Extract |



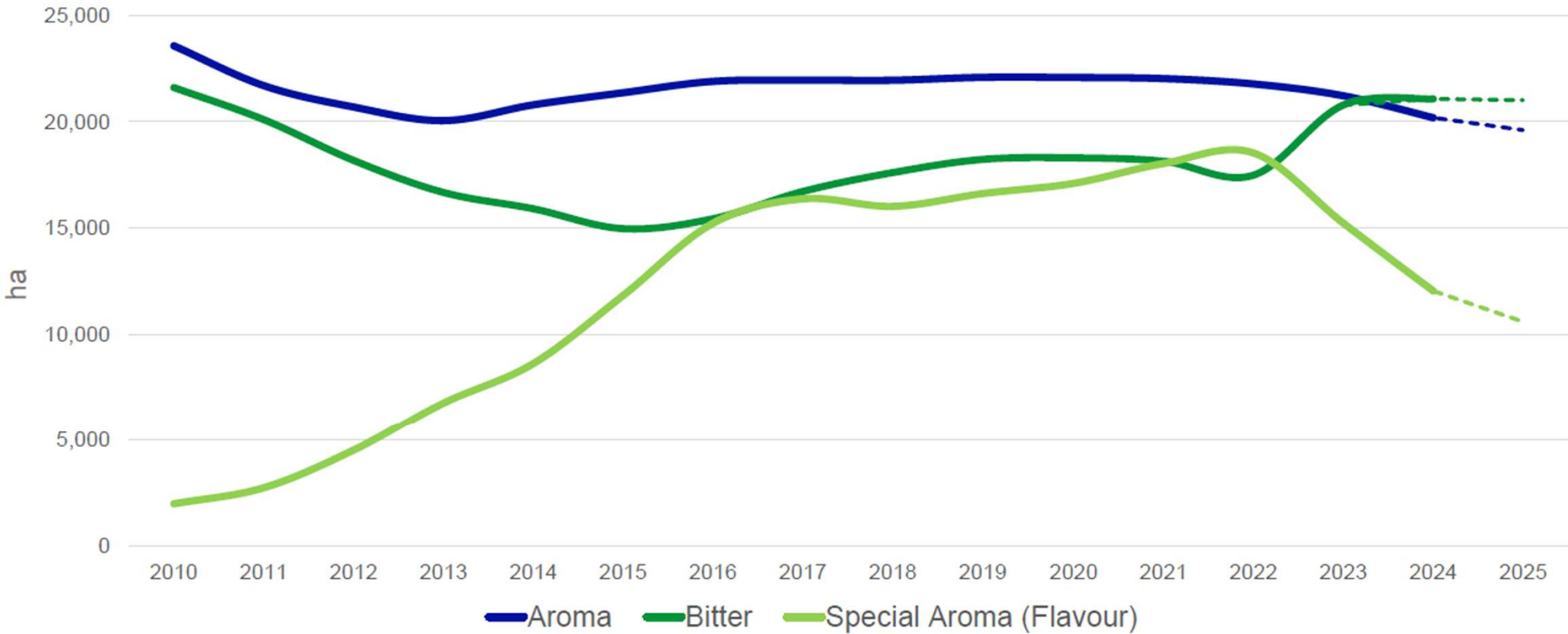
Por que produtos à base de lúpulo?

- Até a década de 1950: uso de lúpulo em cones (sem proteção contra oxidação, instável)
- Na década de 1960, os primeiros passos foram dados com o lúpulo em pó (densidade aparente de aproximadamente 200 a 300 g/litro) e extratos de lúpulo com solventes como metanol, hexano ou cloreto de metileno.
- Na década de 1970, desenvolvimento de pellets de lúpulo (aprox. 550 g/l), embalados em filmes compostos laminados.
- Na década de 1980, introdução da extração com CO₂, inicialmente com CO₂ líquido e, pouco depois, com CO₂ supercrítico.

Principais vantagens dos produtos de lúpulo:

- **Logística** (transporte em paletes, armazenamento, empilhamento)
- **Homogeneidade**
- **Estabilidade** (proteção contra a oxidação)
- Possibilidade de **dosagem automática** na sala de brasagem.
- **Maior rendimento** na sala de brasagem.
- **Clarificação mais fácil do mosto** na sala de brasagem por meio de whirlpool ou separador
- **Menores perdas de mosto**
- **Menor dosagem de componentes indesejáveis**

Desenvolvimento de diferentes variedades de lúpulo. Globalmente.





Requisitos gerais para um produto de lúpulo

Os produtos de lúpulo convencionais devem superar as desvantagens do lúpulo em cones **sem alterações químicas dos ingredientes, por meio de processos suaves.**

Questões sobre a rastreabilidade

Um regulamento da UE regulamenta a transformação do lúpulo em produto, principalmente para garantir a identidade da variedade. Na **Alemanha**, o processo de transformação é supervisionado pelos **municípios e pelas prefeituras regionais**.

- **Certificação da região de cultivo, variedade e safra junto ao produtor;** cada fardo recebe um número próprio.
- No âmbito da **avaliação neutra da qualidade**, cada lote é amostrado e testado quanto à pureza da variedade, teor de água, grau de infestação e teor de sementes.
- **Acompanhamento do processamento em pellets ou extrato; cada lote de produto recebe um número**, e os lúpulos utilizados são registrados com precisão.

Consequências da certificação da UE

É possível rastrear cada produto até o lúpulo utilizado.

- A variedade/as variedades está(ão) claramente definida(s).
- Em caso de dúvidas sobre o uso de produtos fitossanitários, é possível recorrer às amostras originais de cada produtor.

O regulamento aplica-se apenas a produtos de lúpulo convencionais, como pellets e extratos, e **não a produtos isomerizados** nem a preparações de óleo de lúpulo.

Pellets



Pellets



Existem dois tipos diferentes de pellets:

- **Pellets normais = Tipo 90**

Rendimento de 90 a 96 kg de pellets a partir de 100 kg de lúpulo; praticamente idênticos ao lúpulo em cones; o peso menor resulta da secagem e **da separação** de impurezas, **folhas de videira e partes do caule**

- **Pellets enriquecidos com lupulina = Tipo 45**

Rendimento de 45 a 90 kg de pellets a partir de 100 kg de lúpulo;

Uma redução adicional de peso em comparação com os pellets normais resulta da separação das partes de folhas e hastes da concha. O teor de alfa e de óleo dos pellets do tipo 45 chega a atingir o dobro do valor do lúpulo de partida.

- Antes da extração com CO₂, são produzidos pellets normais para aumentar a densidade aparente de 140 g/l para cerca de 500 g/l e para esmagar as glândulas de lupulina. A membrana de lupulina impede uma fácil transferência de substâncias. O Tipo 45 não é adequado, pois o produto é muito fino e dificulta a percolação do CO₂.

O que entendemos por extração?



O que se entende por extração?

- **Extração** significa, em geral, a transferência de componentes de um sólido para uma fase líquida.
- A preparação de café ou chá é um processo de extração cotidiano, no qual a água quente é o **meio de transporte**.
- Após a extração, as fases do solvente e dos componentes podem ser separadas, por exemplo, por evaporação do solvente. No caso de uma solução aquosa, a separação pode ser realizada, por exemplo, por secagem por pulverização.
- Além da água/água quente, os solventes típicos são, em particular, **o etanol** (frequentemente em misturas com água) ou **solventes inorgânicos como hexano, acetona e acetato de etila**. Substâncias anteriormente comuns, como **metanol ou cloreto de metileno, não são mais utilizadas por motivos fisiológicos e ambientais**.
- Para a extração do lúpulo, ainda se utiliza uma proporção muito pequena de etanol e, fora isso, **CO₂ comprimido**, ambas substâncias presentes na cerveja. **Portanto, como solventes para o lúpulo, utilizam-se apenas ingredientes próprios da cerveja.**

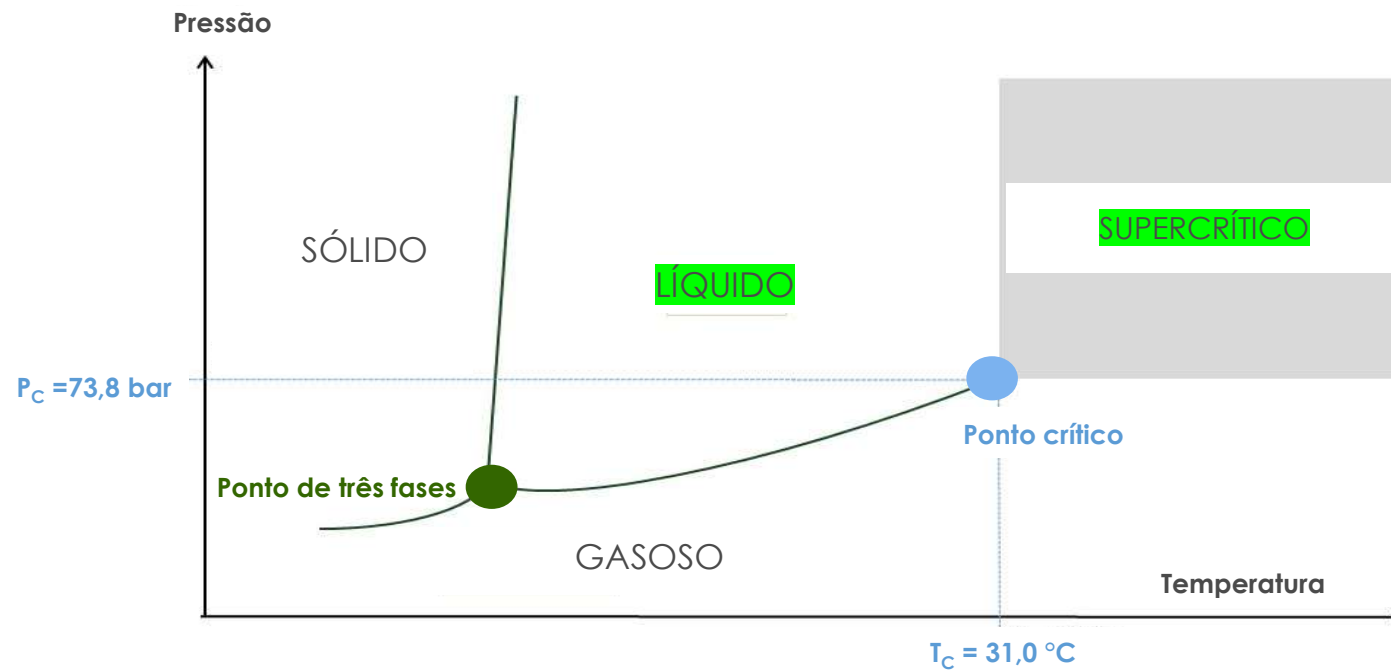
Extratos de lúpulo

- Dependendo da tarefa, **são utilizados solventes polares, por exemplo, água (quente), etanol ou misturas de ambos. Solventes apolares são o hexano ou o agora apreciado dióxido de carbono** na forma fluida.
- A **extração a alta pressão com CO₂** a é realizada a pressões **de até 500 bar**.
- O resultado é um **concentrado sem sólidos, na forma altamente viscosa**.
- **Idealmente, todos os componentes de valor estão presentes no extrato**.
- Os extratos oferecem **vantagens logísticas** devido à **concentração**.
- **Os extratos são mais estáveis ao armazenamento do que, por exemplo, os pellets**.
- Para **o lúpulo**, são utilizados mundialmente **apenas solventes próprios da cerveja**. Menos de 5% dos extratos de lúpulo são produzidos com etanol; a maior parte é produzida com dióxido de carbono supercrítico. O extrato de etanol não é considerado aqui devido à sua pouca importância.

Princípio da extração com CO₂

O CO₂ comprimido apresenta uma densidade semelhante à de um líquido, pouco abaixo de 1 g/cm³, e é capaz de dissolver, em particular, substâncias apolares do lúpulo, como os compostos amargos e aromáticos. A extração ocorre na fase líquida e supercrítica.

Diagrama de fases do dióxido de carbono



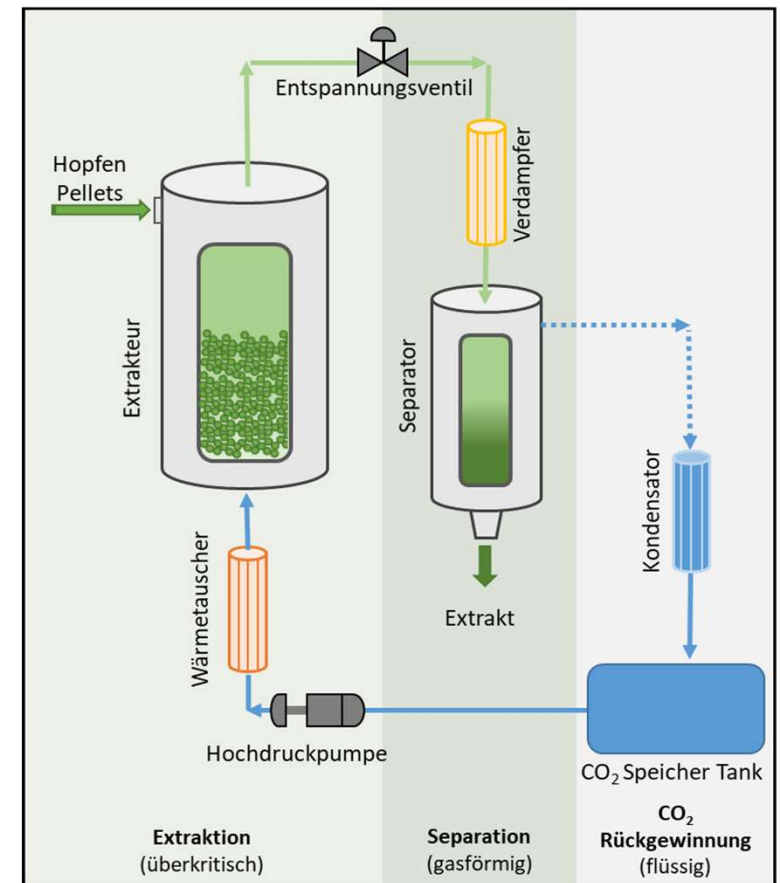
Densidade do CO₂ a em diferentes pressões

| Pressão em bar | Estado | Densidade em g/l |
|------------------|---------------------|------------------|
| 75 | Líquido | 770 |
| 150 -200 | Supercrítico suave | 850 |
| 220 - 300 | Supercrítico normal | 870 |
| > 500 | Supercrítico alto | 960 |

- As propriedades de dissolução aumentam com a pressão e, conseqüentemente, com a densidade do CO₂, o que reduz os tempos de extração.
- Com o aumento da pressão, a viscosidade e a polaridade do CO₂ diminuem, e o espectro de substâncias extraídas se amplia (mais substâncias são dissolvidas).
- Atualmente, pressões supercríticas entre 250 e 500 bar são comuns.
- O CO₂ líquido é ineficaz demais e, portanto, antieconômico, embora um nível de pressão mais alto implique custos mais elevados para os reservatórios de pressão.

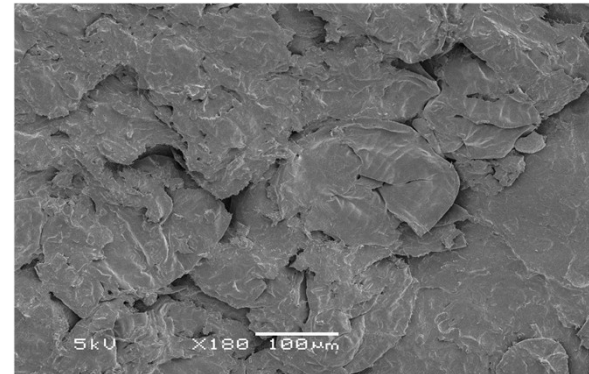
Extração com CO₂ supercrítico

- Um **extrator cheio de pellets** é atravessado por CO₂ supercrítico (com pressão e temperatura fixas), o que **dissolve os componentes**.
- O CO₂ é expandido para menos de 73 bar e se evapora (CO₂ gasoso sem propriedades de dissolução).
- O extrato se separa do CO₂ e se deposita em um separador.
- O CO₂ subcrítico gasoso é liquefeito em um condensador, comprimido até a pressão supercrítica, ajustado à temperatura desejada (aprox. 50 °C) em um trocador de calor e bombeado de volta para o extrator.



Estado atual da tecnologia

- **Extrai-se pellets**, pois eles apresentam uma **densidade aparente maior** do que o lúpulo e a **membrana de lupulina está destruída**, o que acelera a transferência de massa. A membrana é difícil de difundir.



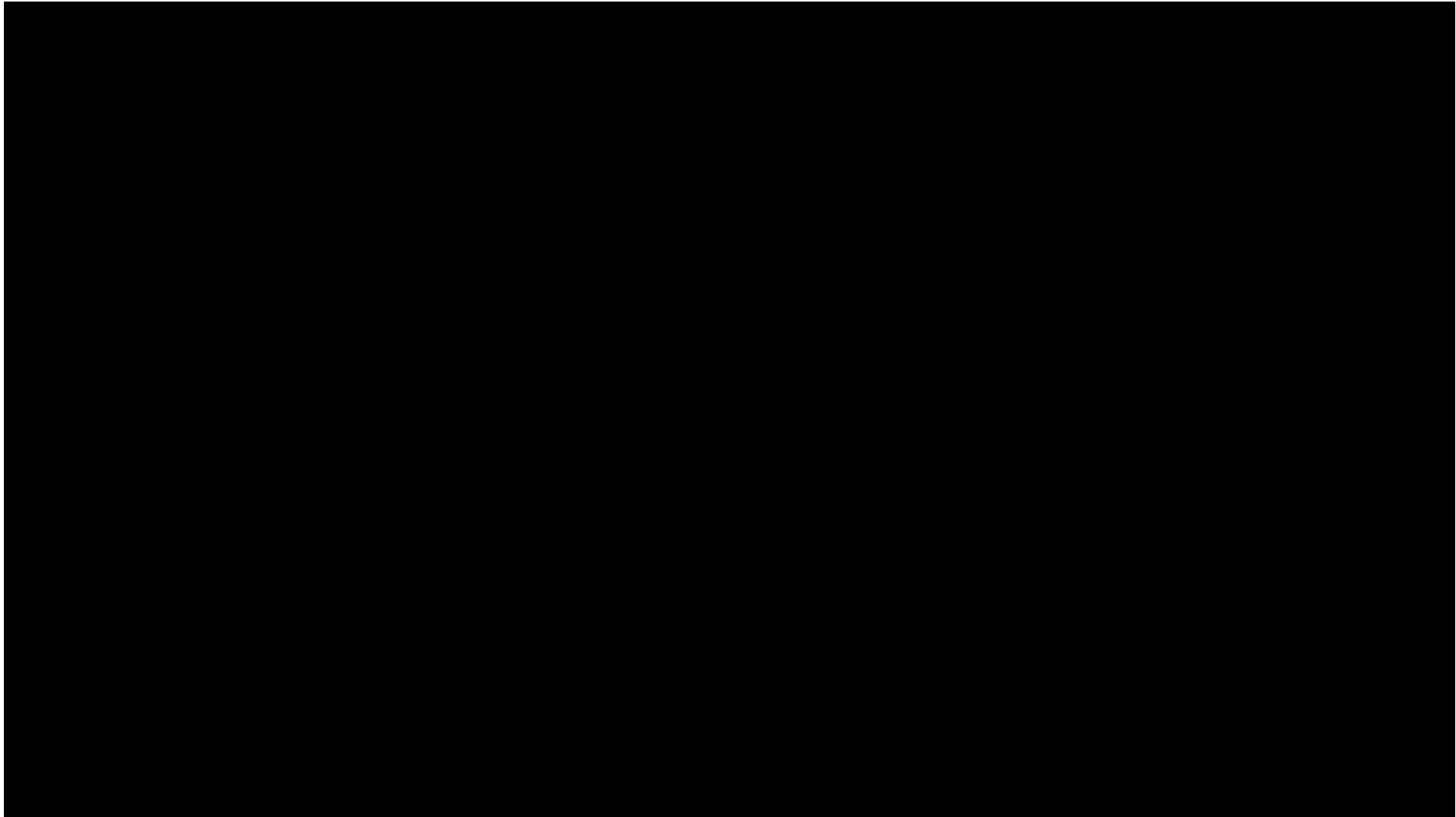
- São solúveis os importantes ácidos alfa e beta, bem como partes das resinas macias; por outro lado, os polifenóis e os compostos amargos associados, especialmente os compostos amargos envelhecidos, são solúveis apenas de forma limitada.
- Todas as substâncias aromáticas são extraídas.
- O meio totalmente inerte e as temperaturas moderadas evitam qualquer reação química.
- Na maioria dos casos, são instalados 4 extratores por planta em paralelo, o que permite uma operação semicontínua.

Planta de extrato de CO₂ , da HVG





HVG's CO₂ - Extract Processing Plant





Comparação típica entre pellets e extrato de CO₂ (Herkules)

O grau de enriquecimento (AG) neste caso entre os pellets e o extrato é de 3,5.
A partir de 100 g de pellets, obtêm-se 35 g de extrato.

| | Pellets | Extrato | AG |
|--|---------|---------|------|
| Ácidos α e β % em peso | 20 | 70 | 3,5 |
| Componentes de envelhecimento % em peso | 1,5 | 1,0 | 0,19 |
| Óleo de lúpulo ml/100g | 2,0 | 6,3 | 3,15 |
| Polifenóis % em peso | 3 | 0,5 | 0,05 |
| Xantohumol % em peso | 0,8 | 0,5 | 0,18 |
| Clorofila mg/100g | 120 | 11 | 0,03 |

- O óleo de lúpulo e os ácidos amargos são totalmente dissolvidos.
- Os componentes de envelhecimento das substâncias amargas e o xantohumol são pouco solúveis.
- Os polifenóis são solúveis apenas em traços.
- A clorofila é pouco solúvel, embora os extratos de CO₂ supercrítico sejam geralmente verdes.

Características do extrato de CO₂

- O CO₂ é um **solvente seletivo, de caráter não polar.**
- Como **os componentes de envelhecimento (por exemplo, ácidos humulínicos) quase não são dissolvidos**, o extrato de CO₂, no grupo de substâncias amargas, **limita-se** essencialmente aos ácidos **alfa e beta** e, segundo a nomenclatura antiga, às resinas moles.
- A **evaporação do CO₂** requer **baixas temperaturas.** O **espectro do óleo de lúpulo permanece amplamente preservado.**
- Por meio da **técnica de separação fracionada**, o **espectro de componentes** pode ser separado principalmente em **extratos de substâncias amargas com baixo teor de óleo** e em **extratos enriquecidos com óleo**, sem quaisquer aditivos. Os dois extratos podem ser dosados de forma direcionada no início e no final da fervura.

Índice de Armazenamento de Lúpulo (HSI)



O que nos diz o HSI?

O HSI segundo a ASBC é um indicador do envelhecimento oxidativo dos compostos amargos do lúpulo.

Dependendo da variedade e da safra, ele varia de 0,26 a 0,35 no lúpulo recém-colhido e aumenta com o envelhecimento, por exemplo, para 0,36 a 0,46 em um envelhecimento moderado e para valores superiores em um envelhecimento acentuado.

No extrato de CO₂, o HSI é sempre mais baixo do que no lúpulo/pellets, pois os componentes de envelhecimento são menos solúveis em CO₂, como mostra o exemplo a seguir; Valores = HSI

O HSI aumenta em pellets envelhecidos, mas não na mesma proporção que no lúpulo em pellets.

| | recém-colhido | envelhecido | Aumento |
|---------|---------------|-------------|---------|
| Pellets | 0,33 | 0,48 | 0,15 |
| Extrato | 0,29 | 0,37 | 0,08 |

Taxas de transferência de substâncias



A taxa de transferência indica a porcentagem de uma substância presente no pellet que passa para o extrato (0 a 100%).

Taxa de transferência = Resíduo no extrato : Resíduo nos pellets x Grau de enriquecimento x 100 %

| Substância | Taxa de transferência em % rel. |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Nitrato | <1 |
| Metais pesados (Ag, Cd, Hg) | <1 |
| Ferro | aprox. 1 |
| Cobre | 9 |
| Pesticidas | 0 a 93, $\emptyset = 75$ |

- **Redução quantitativa de nitrato, metais pesados e ferro**
- Redução significativa do cobre
- Redução moderada de agrotóxicos

Qual é a estabilidade do extrato de CO₂

Montagem do experimento:

- 6 extratos de CO₂ :
 - pellets frescos e envelhecidos
 - Variedades Herkules e Perle
 - Pressão de extração de 280 e 500 bar
 - mais um extrato de etanol
- Armazenamento a 20 °C em latas
- Resumo dos resultados após 8 anos de armazenamento

Análise:

- HPLC de ácidos α e β de acordo com a EBC 7.7
- HPLC de ácidos α , β e iso- α de acordo com a EBC 7.9
- Óleo de lúpulo volumétrico de acordo com a EBC 7.10
- Cromatografia gasosa de substâncias aromáticas, método próprio

Resultados (valores residuais após 8 anos/20 °C)



Os resultados dos 6 extratos de CO₂ foram calculados como média, uma vez que a dispersão foi pequena.

| Substância | Extrato de etanol | Média de 6 extratos de CO ₂ |
|--|-------------------|--|
| Ácidos α 7.7 | 75 | 97 |
| Ácidos α e iso- α 7.9 | 77 | - |
| Ácidos β Ø 7.7 | 101 | 98 |
| Óleo de lúpulo volumétrico | 98 | 98 |
| Soma de todas as substâncias calibradas por GC | 61 | 88 |
| Mirceno | 4 | 84 |
| Humulos | 62 | 108 |
| Linalol | 69 | 89 |
| 2-undecanona | 100 | 106 |
| Soma dos ésteres | 68 | 113 |
| Fração de oxigênio | 73 | 89 |

Avaliação da estabilidade dos extratos de CO₂



- De acordo com o conhecimento atual, **o extrato de CO₂ representa a forma mais estável de um produto de lúpulo.**
- **Os ácidos amargos (ácidos α e β) permanecem praticamente idênticos aos valores iniciais mesmo após 8 anos a 20 °C.**
- Ocorre uma transformação moderada nas substâncias aromáticas.
- **Mesmo sem a ação direta do oxigênio, são possíveis processos de oxidação devido à liberação de O₂.**
- Existe um ambiente ácido causado pelo CO₂ , combinado com pequenas quantidades de água (1 a 4%).
- Isomerizações catalisadas por ácido também são, pelo menos teoricamente, concebíveis.

Sólidos na cerveja provenientes de (PE) e (EX)



Supondo uma dosagem de 6 g de α /hl na forma de pellets com um teor de α de 17 %:

- Dosagem de 35 g de pellets/hl
- Com cerca de **35% de substâncias extraíveis** (água, ácidos amargos, óleo de lúpulo, proteínas, carboidratos), resultam **23 g de matéria sólida = sedimentos/hl** (ou 230 mg/l), que absorvem cerca de 70 g de mosto/hl (0,7 g/l).
- Em uma **cerveja de malte integral com 11%**, **obtêm-se cerca de 220 mg/l de substância seca de sedimentos quentes**, ou seja, uma ordem de grandeza comparável.
- **Com extrato, não se dosam sedimentos.**
- As perdas de mosto devem ser estimadas em cerca de 70 g/hl. Considerando um preço de 35 €/hl de mosto, calcula-se aproximadamente 0,025 €/hl de mosto a ser adicionado na forma de pellets de sedimentos, em comparação com o uso de extrato.
- Qual é a eficiência do whirlpool? Na separação de sedimentos a quente, não há concessões.

Comparação entre pellets (PE) e extrato (EX)



- **Logística:** com pellets, o peso a ser movimentado é de 3 a 5 vezes maior do que com o extrato. A redução de volume entre EX e PE tipo 90 é de cerca de 10 vezes. Assim, todos os aspectos logísticos, como transporte e armazenamento, são mais econômicos com o EX.
- **Estabilidade/prazo de validade de 5 anos:** o EX é melhor que o PE. Para os pellets, recomendamos uma temperatura de armazenamento de 5 °C; para o extrato, bastam 10 a 15 °C.
- **Custos:** o custo da substância amarga em €/kg de alfa é mais alto no EX do que no PE, o que se deve aos custos de fabricação e às perdas adicionais de processamento
- **As taxas de isomerização** são praticamente idênticas para PE e EX em sistemas de brasagens modernos.
- **Diferenças composicionais:** os EX são pobres em polifenóis, mas praticamente isentos de nitrato.
- **Aplicação problemática** na fase de brasagem/whirlpool e na adição de lúpulo devido ao pior comportamento de dissolução dos extratos.
- **Sem adição de sólidos** nos extratos; pellets de alto alfa, por exemplo, a 6 g α /hl, resultam em cerca de 25 g/hl de sólidos.

Embalagem do extrato

O extrato é viscoso e, dependendo da temperatura, fica líquido a partir de 25 a 30 °C.

Ele é envasado em recipientes metálicos, normalmente em latas de folha de chumbo com revestimento especial, com capacidade de 0,5 a 5,0 kg.

Custos de embalagem comparativos entre pellets e extrato, considerando a unidade mais comum de 5 kg de pellets/folha e 1 kg de extrato/lata

| | Pellets | Extrato |
|--|---------|---------|
| Custo por peso €/kg | 0,19 | 1,12 |
| Teor de α % em peso | 15,0 | 53,0 |
| Custo por kg de ácidos α €/kg α | 1,30 | 2,10 |

Dosagem do extrato

No caso mais simples, faz-se furos na(s) lata(s) e pendura-se(m) em uma cesta dentro da panela de mosto.

Lá, elas escoam rapidamente e se espalham pelo mosto, onde formam inicialmente uma emulsão para, em seguida, dissolver os ingredientes.

Existem também recursos simples para cervejarias de médio porte na dosagem de extrato, como, por exemplo, recipientes externos de dosagem. Nesse caso, as latas também devem ser perfuradas.

Em geral, os ingredientes do extrato se dissolvem um pouco mais lentamente do que os dos pellets.

Como lidar com embalagens abertas

As cervejarias menores são frequentemente obrigadas a pesar quantidades parciais de embalagens de pellets para a adição de lúpulo. Tecnicamente, isso não representa nenhum problema.

No entanto, a proteção contra o oxigênio na embalagem aberta é perdida. Recomendamos, portanto, que as embalagens abertas sejam mantidas em um congelador ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento de uso.

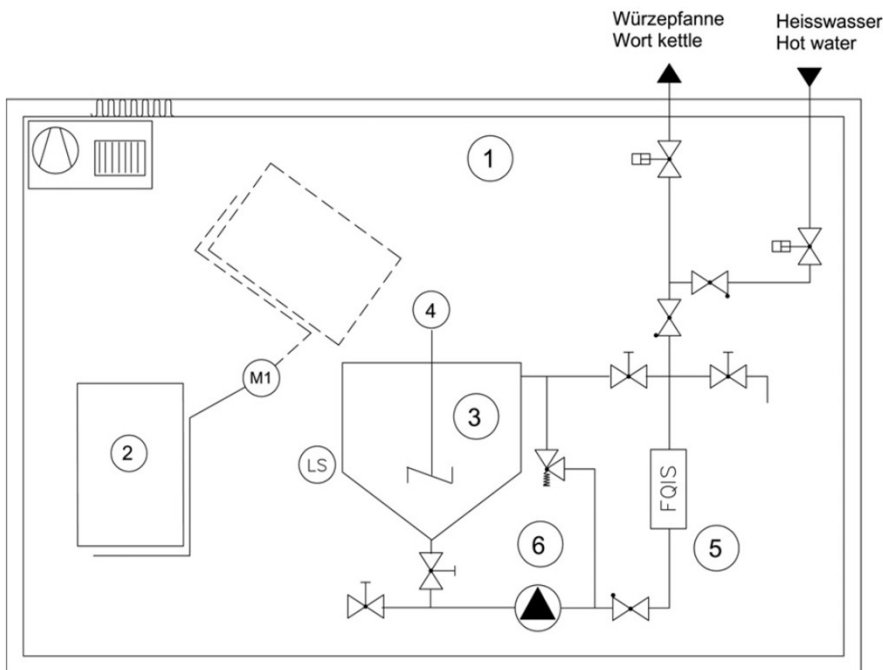
A pesagem de quantidades parciais de uma lata de extrato é difícil de realizar e não é recomendada.

É preferível utilizar embalagens em unidades menores. Também é possível encomendar latas com uma quantidade definida de α por lata, para permitir uma dosagem adequada.

Automação da dosagem de extratos na brasagem

As latas também podem ser colocadas em cervejarias menores em um tanque de dosagem externo e, a partir daí, ser automaticamente lavadas com mosto em circulação no momento desejado. As latas vazias devem ser removidas manualmente.

A dosagem automática é geralmente realizada com barris de extrato com capacidade de 200 kg (exemplo)



- 1 = Câmara de aquecimento
- 2 = Barril de extrato, a ser esvaziado no recipiente de acordo com o nível de enchimento
- 3 = Recipiente de agitação (sem introduzir ar!)
- 4 = Agitador suave, apenas para homogeneização
- 5 = Medidor de vazão
- 6 = Bomba

A quantidade de extrato retirada pode ser dosada diretamente na panela ou em um dispositivo de pré-dissolução, no qual o extrato e o mosto/água quente se misturam e são bombeados para a panela na forma de emulsão. Os barris são geralmente trocados manualmente.

Automatização da dosagem de extratos na brasagem



Dosagem manual de extratos na brasegem

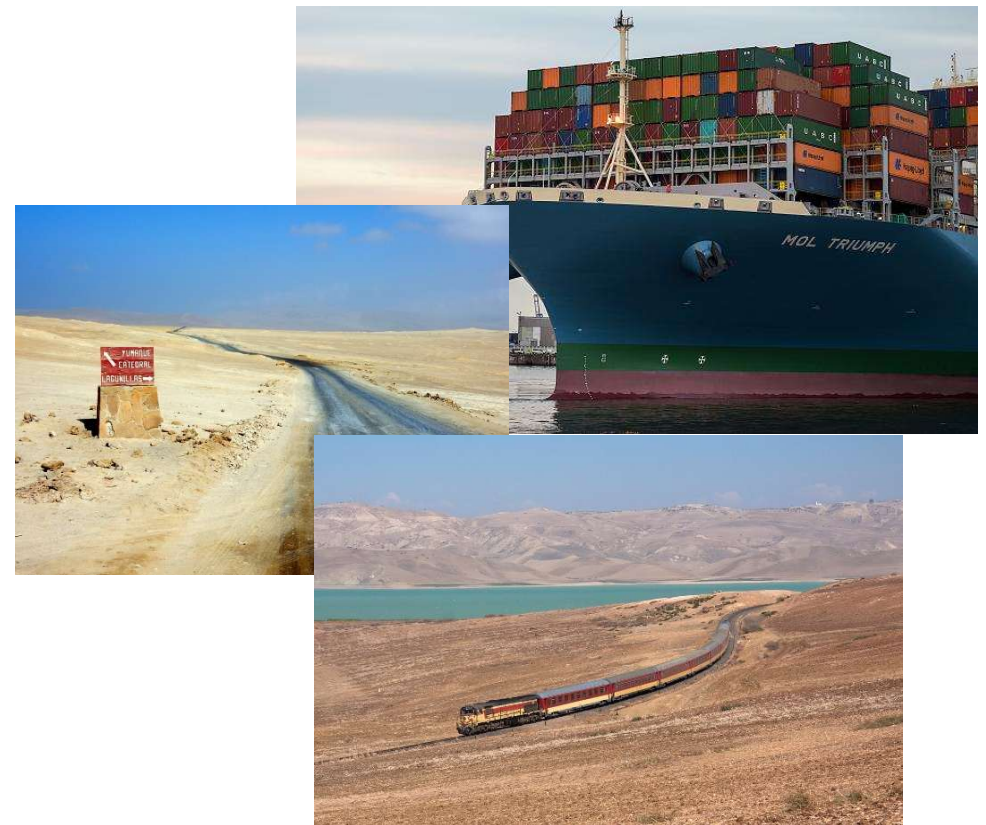
As latas também podem ser colocadas em cervejarias menores em um tanque de dosagem externo e, a partir daí, enxaguadas automaticamente com mosto em circulação no momento desejado. As latas vazias devem ser removidas manualmente.



Limites de carga dos pellets durante o transporte



- O transporte de pellets apresenta um problema específico.
- **Fases de aquecimento**, por exemplo, em **transportes mais longos para o exterior** ou durante **períodos de espera sem refrigeração nos portos**, podem provocar **reações inesperadas**.
- Além disso, transportes rodoviários ou ferroviários de longa duração podem ocorrer em temperaturas elevadas.

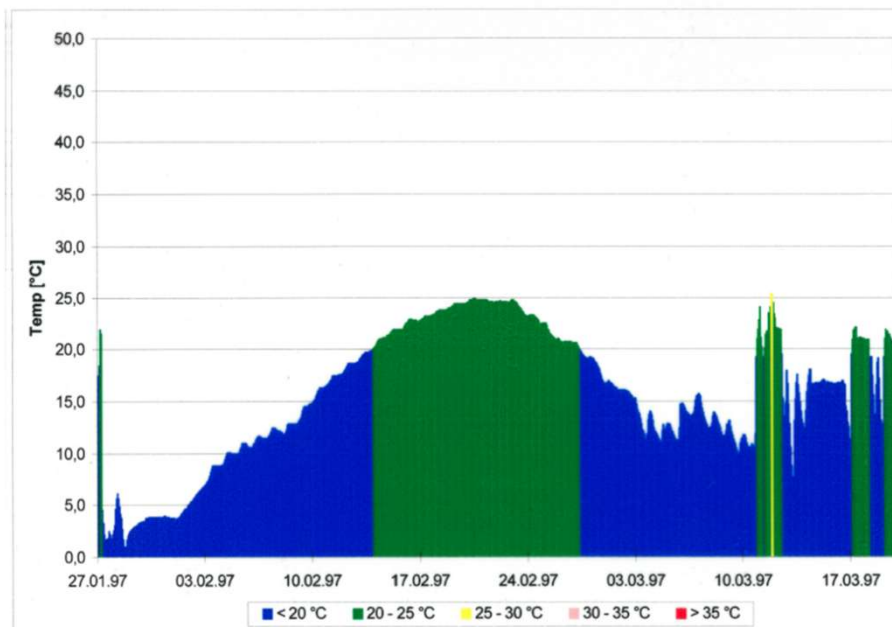


Evolução da temperatura de Hamburgo ao Japão

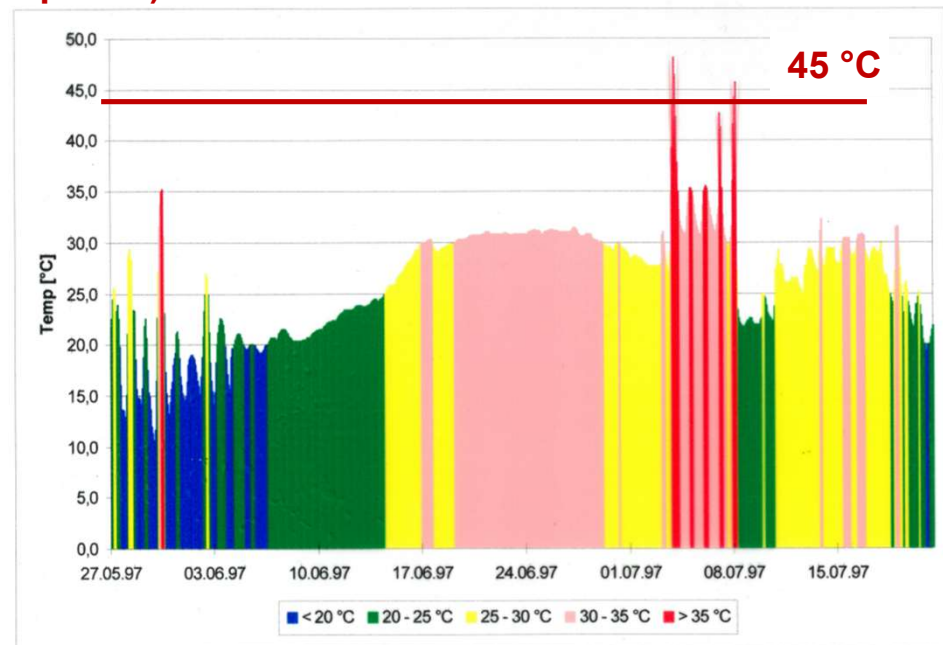


Incorporamos um registrador de temperatura em cada contêiner de exportação para monitorar a temperatura desde a saída da fábrica (armazém refrigerado) até a cervejaria:

Transporte “normal” de contêineres no inverno sob o convés (tolerável)



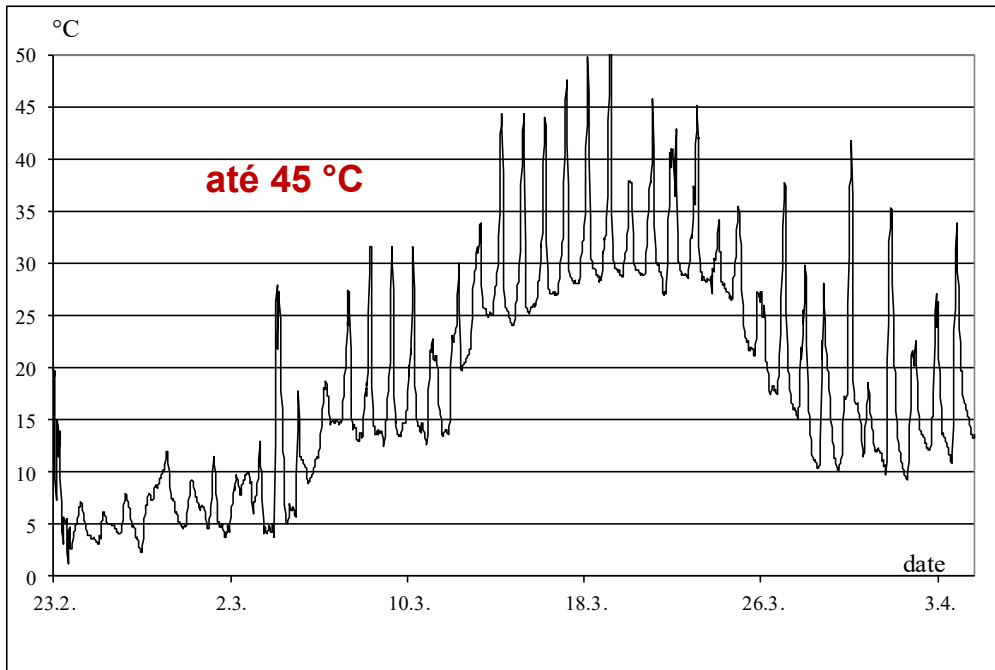
Transporte no verão; contêineres no porão combinados com tempo de espera no porto (muito quente)



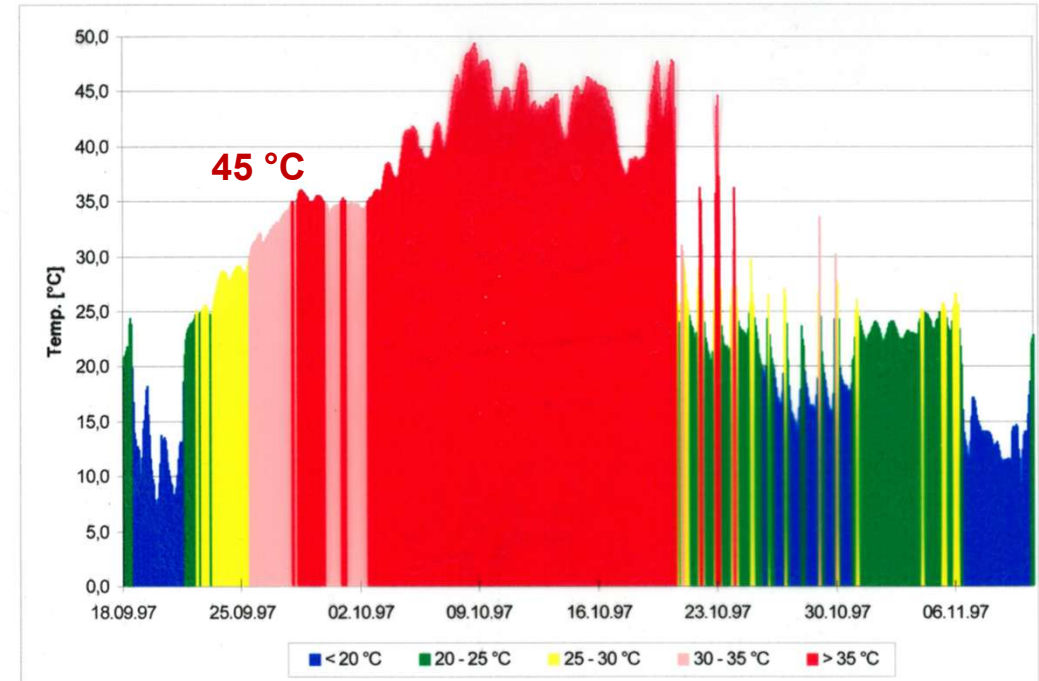
Limites de carga dos pellets durante o transporte



Contêineres no convés (**muito calor**);



Contêiner ao lado de um tanque de óleo pesado aquecido **“Desastre”** (perda total)

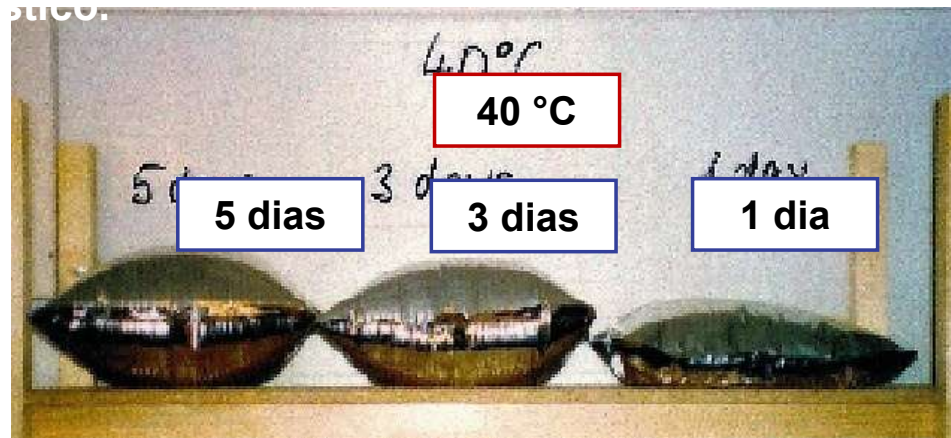


O que acontece quando as temperaturas aumentam?



- O **gás protetor** na película **se expande, sendo que** especialmente o CO_2 o é desorvido.
- **Os componentes aromáticos altamente voláteis** do lúpulo são **liberados** e enriquecem a fase gasosa da película.
- **Inicia-se a decomposição de aminoácidos**, que libera substâncias extremamente voláteis, como acetona, isopreno, DMS, entre outras. Estas enriquecem a fase gasosa.

→ No total, a pressão do vapor ou do gás aumenta dentro de um



Consequências da formação de gás

- As **substâncias gasosas** necessitam de um **volume de expansão** que **não existe** na película/no papelão/na palete/no contêiner.
- **Conseqüentemente, a pressão no filme** aumenta até que, inevitavelmente, surja um **buraco** em algum ponto ou a **costura de soldagem** se rompa.
- O **gás escapa** e, em troca, **o ar** pode penetrar **no filme**.

Todos os componentes sofrem oxidação, o que ocorre rapidamente, especialmente em temperaturas elevadas.

- A expansão do gás nas películas dentro da caixa pode **romper as fitas adesivas ou de cintagem**.
- Em uma **caixa de papelão**, podem haver **filmes com e sem furos**.
- Em casos extremos, as caixas e paletes se expandem dentro de um contêiner, tornando-o difícil de descarregar.

As fases de aquecimento entre o armazém refrigerado do fabricante de pellets e a cervejaria devem ser identificadas e controladas. —> Contêiner refrigerado

Transporte de extratos

Para controlar esse fenômeno, hoje em dia costuma-se utilizar contêineres refrigerados para o transporte marítimo.

Os custos são cerca de 2,5 vezes superiores aos de um contêiner normal.

No caso do extrato, o “efeito de inchaço ou balonamento” não ocorre. Como ele também é mais estável durante o armazenamento, não é necessário o transporte refrigerado.

Existem cervejarias em regiões desfavoráveis, por exemplo, na África, que preferem utilizar extrato apenas devido a esses problemas de transporte e armazenamento.

Eficiencia dos ácidos alfa durante a fervura

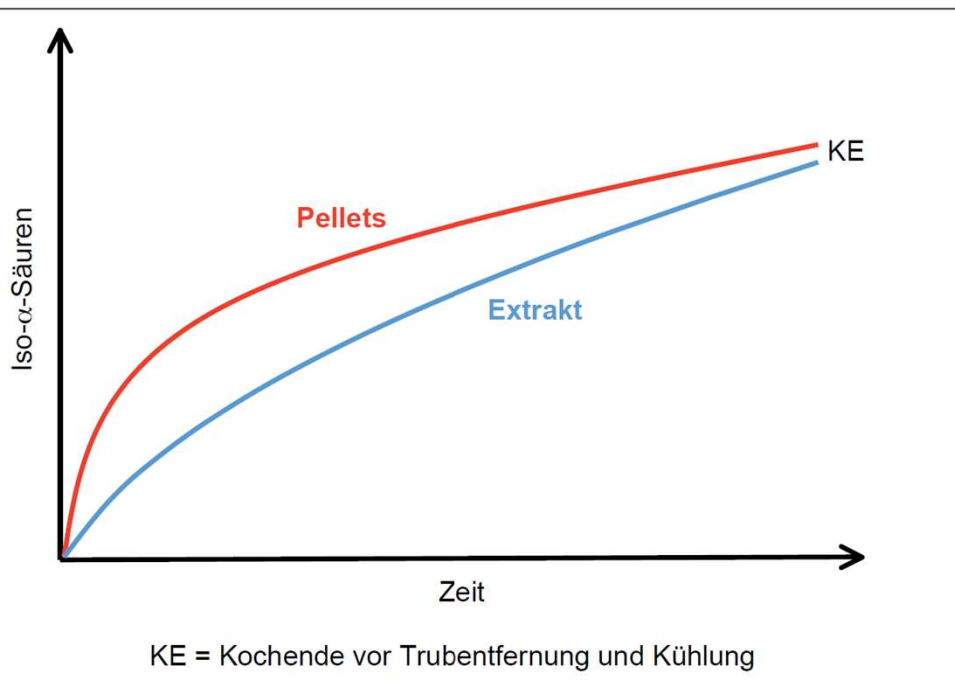


Abb. 14: Entwicklung der Iso- α -Säuren über die Kochzeit bei einer Gabe konventioneller Hopfenprodukte zu Kochbeginn

- Os componentes dos extratos dissolvem-se inicialmente mais lentamente do que os dos pellets, cujos sólidos e componentes polares facilitam a dissolução.
- Os extratos não polares não contêm agentes solubilizantes. É necessário formar primeiro uma emulsão, o que leva tempo.
- Um movimento vigoroso durante a fervura é essencial para a distribuição e emulsificação do extrato. Panelas velhas e “desgastadas” são menos adequadas para o extrato.
- Somente perto do final da fervura é que a formação de ácidos iso-alfa em pellets e extratos se torna praticamente igual.
- Dosagens posteriores de extrato (tempo de fervura mais curto) reduzem a taxa de isomerização em comparação com os pellets.

Taxas de isomerização após a separação do sedimento quente



Com os pellets, aumenta a quantidade de sedimentos quentes a serem separados, o que está associado a perdas de substâncias amargas. Dessa forma, as taxas de isomerização se equiparam.

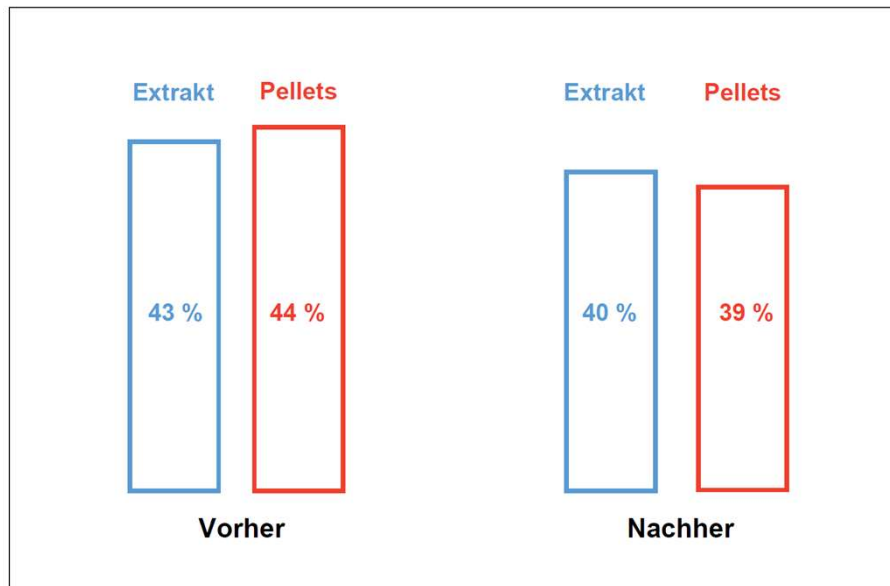


Abb. 15: Beispiel von Isomerisierungsraten in Pellet- und Extraktwürzen vor und nach der Heißtrub-abtrennung und Würzekühlung

- Taxas de isomerização antes e após a separação do sedimento quente e o resfriamento do mosto
- O extrato pode alcançar os pellets.
- Pode ocorrer um deslocamento a favor dos pellets devido à reutilização dos sedimentos.

Nos sistemas de brasagem modernos com movimento de fervura intenso, raramente se observam diferenças sistemáticas nos rendimentos de substâncias amargas e nas taxas de isomerização.

Diferenças na tecnologia de fabricação de cerveja



As seguintes observações fundamentais são levadas em consideração:

- O CO_2 dissolve apenas de forma limitada os compostos amargos além dos ácidos alfa e beta. No lúpulo fresco, faltam, portanto, partes dos “compostos amargos associados”, que podem conferir um amargor agradável.
- Na extração de lúpulo envelhecido, a situação muda. As substâncias amargas na faixa dos componentes de envelhecimento prejudicam a qualidade do amargor. É recomendável não dosá-las com o extrato de CO_2 .
- O CO_2 dissolve apenas traços de polifenóis, entre os quais se inclui o xantohumulol. No lúpulo fresco, os polifenóis de baixo peso molecular, em particular, podem ter um efeito positivo no sabor da cerveja (maior corpo e drinkability, amargor agradável). Atribui-se a eles também um efeito positivo na estabilidade do sabor.
- Se não forem dosados polifenóis do lúpulo, faltam os causadores típicos da turvação da cerveja. A estabilidade da turvação da cerveja é melhorada. O uso de PVPP pode ser reduzido. Isso é um argumento a favor do extrato.
- Ao longo do armazenamento, os polifenóis oxidam e se polimerizam, perdendo suas propriedades positivas. Um extrato de CO_2 é então vantajoso, pois os polifenóis “negativos” também não são solúveis.
- O Fe e o Cu afetam negativamente a estabilidade do sabor da cerveja. O extrato de CO_2 evita em grande parte a dosagem desses metais provenientes do lúpulo.

Transferência de substâncias para a cerveja



Avaliação das taxas de transferência/rendimentos **de pellets ou extratos para a cerveja:**

| Componente(s) | Taxa de transferência em % rel. |
|---|---------------------------------|
| Substâncias amargas secundárias e de envelhecimento | 30 - 70 |
| Polifenóis | 50 - 60 |
| Nitrato | 100 |
| Ferro e cobre (estimativa) | até 100 |

Dosagens dos ingredientes

Comparação entre pellets Herkules e extrato de CO₂ com uma dosagem de 6 g de ácidos α por hl;

Teor de ácidos α nos pellets: 17,0% em peso; no extrato: 53,0% em peso

| Componente(s) | Teor no lúpulo/extrato | Dosagem com pellets | Dosagem com extrato |
|---------------------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| Dosagem | | 35 g/hl | 11 g/hl |
| Substâncias amargas associadas | 0,5/0,1% em peso | 1,8 mg/l | 0,11 mg/l |
| Polifenóis | 3,5/<0,5% em peso | 12,3 mg/l | < 0,1 mg/l |
| Dosagem de sedimentos | | 220 mg/l | - |
| Nitrato | 0,8% em peso/uB | 2,8 mg/l | - |
| Ferro | 100/1 mg/kg | 0,035 mg/l | < 0,00035 mg/kg (uB) |
| Cobre | 500/50 mg/kg | 0,175 mg/l | 0,006 mg/l |

Avaliação das dosagens

- A dosagem de substâncias amargas presentes nos pellets, quando frescos, deve ser avaliada positivamente.
- No caso de pellets envelhecidos, ocorre o contrário. Nesse caso, deve-se dar preferência aos extratos.
- A quantidade de polifenóis dosados com pellets (12 mg/l, dos quais 6 mg/l dissolvidos na cerveja) é baixa em comparação com os polifenóis do malte (aprox. 100 a 150 mg/l na cerveja).
- Também neste caso, os pellets frescos apresentam uma ligeira vantagem. Com o avanço do envelhecimento, os extratos são preferíveis, uma vez que os polifenóis envelhecidos não são captados.
- As quantidades de nitrato, ferro e cobre dosadas com pellets amargos são, de fato, baixas. O extrato de CO₂ é, no entanto, mais vantajoso.

Conclusões



Aspectos essenciais dos extratos de CO₂:

- Em termos de custos de embalagem, o extrato é mais caro do que os pellets, pois as latas são mais caras do que as embalagens de folha.
- Em termos logísticos, o extrato é superior aos pellets, pois a concentração resulta em menor volume e o extrato é significativamente menos sensível às temperaturas. Não são necessários transportes marítimos em contêineres refrigerados.
- Os extratos de CO₂ são claramente superiores a todos os outros produtos de lúpulo em termos de estabilidade de armazenamento.
- O CO₂ dissolve substâncias problemáticas como nitrato, cobre e ferro apenas em traços.

Conclusões

- Os extratos de lúpulo são obtidos em grande parte a partir do lúpulo amargo e dosados como lúpulo amargo no início da fervura.
- Do ponto de vista da tecnologia de fabricação de cerveja, as diferenças entre pellets e extratos são as seguintes:
- O CO₂ não dissolve polifenóis, o que favorece a estabilidade da turvação da cerveja.
- Não é adicionado nenhum material sólido ao mosto. Isso alivia a carga do whirlpool e reduz as perdas de mosto.
- Os rendimentos de substâncias amargas de pellets e extratos não apresentam diferenças sistemáticas em caldeiras de fervura modernas, especialmente quando se consideram as dosagens no início da fervura.

Informações adicionais

- Biendl, M.; Engelhard, B.; Forster, A.; Gahr, A.; Lutz, A., Mitter, W.; Schmidt, R. e Schönberger, C.: *Lúpulo – Do cultivo à cerveja*. Fachverlag Hans Carl, 2012, ISBN: 978-3-418-00808-0.
- Forster, A.; Schüll, F.; Gahr, A. e Novy, R. (2020): Avanços na extração do lúpulo com dióxido de carbono supercrítico. *Brauwelt* 32, 825-830.
- Forster, A., Beck, B. e Schulmeyr, J.: Experimentos de lupulização de cervejas com frações de substâncias amargas e aromáticas obtidas na extração de lúpulo com CO₂; *Monatsschrift für Brauwiss.*,)/1989, p. 355-363

Contato:

David Alegre: d.alegre@hvg-germany.de



YOUR FIRST CHOICE FOR GERMAN HOPS

We are the hop growers

Protected geographical indications

www.hvg-germany.de/en



Muito obrigado pela sua atenção.