República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0713078-3 B1

(22) Data do Depósito: 16/05/2007

(45) Data de Concessão: 22/12/2020

(54) Título: MÉTODO E APARELHOS PARA PRODUZIR UM EXTRATO DE GRÃO MACERADO

(51) Int.Cl.: C12C 7/06; C12C 7/14; C12C 7/16.

(30) Prioridade Unionista: 19/05/2006 EP 06114246.9.

(73) Titular(es): HEINEKEN SUPPLY CHAIN B.V..

(72) Inventor(es): HENDRIKUS MULDER.

(86) Pedido PCT: PCT NL2007050219 de 16/05/2007

(87) Publicação PCT: WO 2007/136258 de 29/11/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 19/11/2008

(57) Resumo: MÉTODO E APARELHO PARA PRODUZIR UM EXTRATO DE MALTE MOÍDO. Um aspecto da invenção diz respeito a um método compreendendo: a) macerar matérias-primas particuladas contendo amitdo e opcionalmente maltadas com água; b) aquecer o malte moído e hidrolisar enzimaticamente o amido; c) passar o malte moído tratado termicamente em uma primeira peneira para separação em um extrato de malte moído fermentável e grão gasto úmido; d) transferir o grão gasto úmido opcionalmente depois de o dito grão gasto úmido ser submetido a uma operação de lavagem e peneiramento para uma primeira prensa e prensar o dito grão gasto úmido para obter grão gasto com água removida e extrato de malte moído fermentável adicional. O presente método oferece as vantagens de (i) ser muito robusto, (ii) permitir a produção de extratos de malte moído de alta densidade, (iii) consumir muito pouca eletricidade; e (iv) conseguir altos rendimentos de extração. A invenção também fornece um aparelho para realizar o método supramencionado.

MÉTODO E APARELHOS PARA PRODUZIR UM EXTRATO DE GRÃO MACERADO

Campo Técnico da Invenção

[001] A presente invenção diz respeito a um método de produzir um extrato de grão macerado, especialmente um extrato de grão macerado que é adequado para uso na produção de uma bebida fermentada de levedura tal como cerveja. Mais particularmente, a presente invenção fornece um método que compreende:

a. macerar matérias-primas particuladas contendo amido e opcionalmente maltadas com água;

b. aquecer o grão macerado e hidrolisar enzimaticamente o amido;

c. separar o grão macerado tratado termicamente em extrato de grão macerado e bagaço de grão.

[002] A invenção também diz respeito a um aparelho para realizar tal método.

Fundamentos da Invenção

[003] Um método de maceração tal como o aqui descrito é revelado na patente inglesa GB-B 879 470. Mais especificamente, a dita patente inglesa descreve um método contínuo para a produção de mosto de cerveja em que grão macerado tratado termicamente é introduzido em um primeiro separador de peneira. O bagaço de grão que não passa pelo primeiro separador de peneira cai em um primeiro vaso de lavagem onde ele encontra e é misturado com um mosto bastante diluído proveniente da separação de peneira de uma suspensão de grãos de um segundo vaso de lavagem. A suspensão misturada no primeiro vaso de lavagem transborda para um segundo separador de peneira. O mosto diluído que passa pelo segundo separador de peneira é recirculado para a etapa de maceração e o bagaço de grão que não passa pela peneira cai no segundo vaso de lavagem onde ele é combinado com uma corrente de água. A suspensão no segundo vaso de lavagem transborda para

um terceiro separador de peneira. O mosto bastante diluído que passa pela peneira é bombeado para o primeiro vaso de lavagem e o bagaço de grão descarregado da peneira vai para disposição de bagaço de grão.

[004] O método descrito na patente inglesa compreende submeter continuamente a fração de sólidos a extração contra corrente em uma pluralidade de estágios, cada um dos quais compreende re-enlameamento com efluente de lavagem de um estágio posterior e separação mecânica dos sólidos grosseiros para produzir um resíduo de sólidos grosseiros substancialmente exausto por completo. Os exemplos da patente inglesa descrevem os resultados de três diferentes corridas de produção. As correntes de mosto de processo produzidas nessas corridas tiveram um peso específico (S.G.) na faixa de 1,04117 a 1,04484. Esses pesos específicos são iguais a uma densidade de cerca de 10-11 graus Plato (^{o}P).

[005] DE-B 516 547 descreve um aparelho no qual grão macerado é separado em extrato fermentável e bagaço de grão úmido, passando o grão macerado através de uma peneira, seguida pela prensagem do bagaço de grão úmido assim obtido por meio de um pistão de prensa contra uma peneira para obter bagaço de grão desidratado e extrato fermentável adicional.

[006] DE-B 165 124 descreve um processo para produção contínua de mosto que emprega uma seqüência de três câmaras de prensa. A primeira e terceira câmaras contêm uma prensa de parafuso que é montada em um cilindro de forma cônica. Este cilindro é perfurado ou compreende uma peneira de peneira a fim de permitir que líquido corra. A segunda câmara é usada para aspergir o bagaço de grão que sai da primeira câmara antes que ele seja transferido para a terceira câmara. Água de aspersão é utilizada no processo de uma maneira contra corrente. No processo revelado na patente alemã, o peneiramento e prensagem ocorrem de forma essencialmente simultânea.

[007] US 3.157.583 descreve um processo para a produção de extrato de malte clarificado em que o grão macerado passa através de uma peneira vibratória para remover a maior parte do material fibroso e casca, e em

que o material fibroso e a casca removida é transferido para uma outra peneira vibratória onde ele é lavado com água de aspersão.

Sumário da Invenção

[008] Os inventores desenvolveram um processo inédito para a produção de um extrato fermentável que oferece as vantagens de (i) ser bastante robusto, (ii) permitir a produção de extratos de grão macerado de alta densidade, (iii) consumir muito pouca energia elétrica e (iv) alcançar altos rendimentos de extração.

[009] O presente método é caracterizado em que ele emprega uma ou mais combinações de peneira – prensa para produzir o extrato fermentável. Mais particularmente, o presente método é caracterizado em que compreende as seguintes etapas:

a. macerar matérias-primas particuladas contendo amido e opcionalmente maltadas com água;

b. aquecer o grão macerado e hidrolisar enzimaticamente o amido;

c. passar o grão macerado tratado termicamente em uma primeira peneira para separação em um extrato fermentável e bagaço de grão úmido; e

d. transferir o bagaço de grão úmido, opcionalmente depois de o bagaço de grão úmido ter sido submetido a uma operação de lavagem e peneiramento, para uma primeira prensa e prensar o dito bagaço de grão úmido para obter bagaço de grão desidratado e extrato fermentável adicional.

[010] Uma ou mais combinações de peneira – prensa que são empregadas no presente método podem convenientemente ser operadas de uma maneira contínua. As peneiras (ou telas) podem ser operadas a uma alta produção para conseguir uma primeira separação sólido-líquido. Uma vez que a fração de sólidos retida nas peneiras é tipicamente muito menor que a fração de líquido permeado, as prensas podem ser operadas a uma produção muito mais baixa para remover praticamente todo o líquido que está ainda contido na

fração de sólidos. O presente método combina a capacidade das peneiras de separar efetivamente correntes de baixos sólidos com a capacidade das prensas separarem efetivamente correntes de altos sólidos. Assim, o uso de combinações prensa – peneira no presente método oferece a vantagem de alta produção e alta eficiência.

Desenhos

[011] A figura 1 é um diagrama de um aparelho para produção contínua de um extrato de grão macerado de alta densidade usando o método da presente invenção, o dito aparelho empregando duas combinações de peneira – prensa e um vaso de mistura para produzir o extrato de grão macerado.

[012] A figura 2 é um diagrama de um aparelho para produção contínua de um extrato de grão macerado de alta densidade, cujo aparelho compreende três combinações peneira – prensa e dois vasos de mistura.

[013] A figura 3 é um diagrama de um aparelho para a produção contínua de um extrato de grão macerado de alta densidade que é bastante idêntico ao aparelho mostrado na figura 1, exceto que a primeira combinação peneira – prensa compreende uma peneira extra e um vaso de aspersão.

Descrição Detalhada da Invenção

[014] Dessa maneira, um aspecto da invenção diz respeito a um método que compreende:

a. macerar matérias-primas particuladas contendo amido e opcionalmente maltadas com água;

b. aquecer o macerado e hidrolisar enzimaticamente o amido;

c. passar o grão macerado tratada termicamente em uma primeira peneira para separação em um extrato fermentável e bagaço de grão úmido; e

d. transferir o bagaço de grão úmido, opcionalmente depois de o bagaço de grão úmido ter sido submetido a uma operação de lavagem e peneiramento, para uma primeira prensa e prensar o dito bagaço de grão

úmido para obter bagaço de grão desidratado e extrato fermentável adicional.

[015] O termo "macerar" na forma aqui usada refere-se à mistura de matéria-prima contendo amido, água e enzimas capazes de hidrolisar amido. As últimas enzimas podem ser providas, por exemplo, por malte ou por uma outra fonte de enzima, por exemplo, uma preparação de enzima comercialmente disponível contendo enzimas que degradam amido, tais como aquelas encontradas no malte, notadamente α-amilase, β-amilase e/ou glicoamilase. Preferivelmente, as enzimas são empregadas no presente método na forma de malte.

[016] Deve-se entender que, sempre que for feita referência a uma primeira peneira, uma segunda peneira, uma terceira peneira, etc., tal primeira, segunda ou terceira peneira pode realmente compreender dois ou mais dispositivos de peneiramento que juntos realizam a ação de separar sólidos e líquido com base no tamanho de partícula. Esses dois ou mais dispositivos de peneiramento podem ser operados em paralelo e/ou em série. Por exemplo, pode ser vantajoso empregar uma peneira que consiste em uma pilha de dispositivos de peneiramento, em que o tamanho de poro dos dispositivos de peneiramento diminui na direção a jusante. Similarmente, pode ser vantajoso empregar uma seqüência de prensas, em que a pressão aplicada aumenta na direção a jusante. Pode também ser vantajoso operar diversos dispositivos de peneiramento ou prensas em paralelo, em particular se o processo for operado de uma maneira contínua. Quando trabalhando em paralelo bem abaixo da capacidade máxima de produção, falha ou parada de um dispositivo de separação não precisa de interrupção do processo de extração do grão macerado, significando que o processo pode ser operado ininterruptamente por períodos de tempo prolongados.

[017] Exatamente como as peneiras e prensas, também os vasos de mistura empregados no presente processo podem realmente consistir em dois ou mais dispositivos de mistura que são operados em série ou em paralelo.

[018] Uma modalidade particularmente vantajosa do presente

processo compreende as etapas adicionais de:

e. transferir o bagaço de grão desidratado para um primeiro vaso de mistura e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;

f. passar a suspensão por uma segunda peneira para separação em bagaço de grão lavado e água de lavagem; e

g. transferir o bagaço de grão lavado para uma segunda prensa e prensar o dito bagaço de grão lavado para obter resíduo de bagaço de grão e água de descanso.

[019] O uso de uma etapa de lavagem adicional de acordo com esta modalidade possibilita reduzir ainda mais perdas de extrato.

[020] Em uma outra modalidade preferida, antes de ser transferido para a primeira prensa, o bagaço de grão úmido é submetido a uma operação de lavagem e peneiramento, compreendendo:

- transferir o bagaço de grão úmido para um vaso de lavagem e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;
- passar a suspensão por uma peneira adicional para separação em bagaço de grão úmido e água de lavagem.

[021] Esta modalidade também oferece a vantagem de que as perdas de extrato podem ser minimizadas muito efetivamente.

[022] Dessa maneira, uma modalidade particularmente preferida da presente invenção diz respeito a um método de produzir um extrato de grão macerado tal como aqui definido anteriormente, em que o método compreende as etapas adicionais de:

e. transferir o bagaço de grão desidratado para um primeiro vaso de mistura e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;

f. passar a suspensão por uma segunda peneira para separação em bagaço de grão lavado e água de lavagem; e

g. transferir o bagaço de grão lavado para uma segunda prensa

e prensar o dito bagaço de grão lavado para obter resíduo de bagaço de grão e água de descanso,

e/ou, em que, antes de ser transferido para a primeira prensa, o bagaço de grão úmido é submetido a uma operação de lavagem e peneiramento, compreendendo:

- transferir o bagaço de grão úmido para um vaso de lavagem e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;
- passar a suspensão por uma peneira adicional para separação em bagaço de grão úmido e água de lavagem,

e em que pelo menos uma parte da água de lavagem e/ou a água de descanso é recirculada para a etapa de maceração a e/ou combinada com o grão macerado tratado termicamente antes que ela passe na primeira peneira.

[023] De acordo também com uma outra modalidade particularmente preferida da invenção, pelo menos uma parte da água de lavagem e/ou da água de descanso obtidas das peneiras e/ou prensas é recirculada para a etapa de maceração a e/ou combinada com o grão macerado tratado termicamente antes que ela passe na primeira peneira. A recirculação da água de lavagem e/ou da água de descanso oferece a vantagem importante de que permite altos rendimentos de extração sem a necessidade de usar grandes quantidades de água. Ao mesmo tempo, a recirculação possibilita atingir tais altos rendimentos de extração, produzindo ao mesmo tempo um extrato de grão macerado de alta densidade. Resultados particularmente bons em termos de eficiência e rendimento podem ser alcançados se tanto a água de lavagem quanto a água de descanso forem completamente recirculadas, especialmente se elas forem recirculadas para a etapa de maceração a. A recirculação para a etapa de maceração, comparada com a recirculação para o grão macerado tratado termicamente, oferece a vantagem de que a hidrólise do amido pode ser conseguida de uma maneira muito eficiente sem usar grandes quantidades de água e/ou grandes tempos de permanência.

[024] Na etapa de maceração, além da corrente aquosa recirculada

da segunda combinação peneira – prensa, também correntes aquosas recirculadas geradas a jusante da cervejaria, por exemplo, da lavagem de levedura, podem ser empregadas.

[025] Tipicamente, no presente processo, a quantidade total de água de lavagem e água de descanso recirculadas constitui pelo menos 80% em peso, preferivelmente pelo menos 90% em peso da quantidade total de água empregada na etapa de maceração a. Mais preferivelmente, a água de lavagem e água de descanso da segunda combinação peneira – prensa fornece todo o líquido de maceração que é usado na etapa de maceração.

[026] Em uma outra modalidade preferida, as etapas c. a g. do presente método são realizadas de uma maneira contínua. Ainda mais preferivelmente, as etapas b. a g. e mais preferivelmente as etapas a. a g. são realizadas de uma maneira contínua. Por causa de sua robustez, o presente processo é perfeitamente adequado para ser operado de uma maneira contínua por períodos de tempo prolongados.

[027] O presente método pode adequadamente empregar qualquer tipo de peneira que seja capaz de reter uma fração substancial dos sólidos contidos no grão macerado ou na suspensão do bagaço de grão. Particularmente adequadas são peneiras vibratórias. Um tipo particularmente adequado de peneira vibratória é provido com elementos de livre movimento que, pela influência de vibrações, podem bater contra o lado de baixo da peneira. Esses elementos de livre movimento podem adequadamente ter a forma de esferas ou anéis. Uma vantagem importante deste tipo de arranjo baseia-se no fato de que ajuda impedir entupimento dos poros da peneira. Um dispositivo de peneiramento adequado é suprido pela Allgaier Werke GmbH, Alemanha.

[028] O tamanho de poros das peneiras empregadas no presente processo é tipicamente na faixa de 20 µm a 1 mm. Preferivelmente, o tamanho de poros das peneiras é na faixa de 20-300 µm. Mais preferivelmente, o dito tamanho de poros é na faixa dd 32-200 µm, acima de tudo preferivelmente na

faixa de 32-100 µm.

[029] O presente método pode ser operado usando todos os tipos de prensas. Preferivelmente, o método emprega prensas que podem ser operadas de uma maneira contínua. Particularmente adequadas para uso no presente método são prensas de parafuso. Uma prensa de parafuso adequada é suprida pela Ponndorf Maschinenfabric GmbH, Alemanha, ou van Tongeren-Kennemer B. V. Beverwijk, Holanda.

[030] De acordo com uma modalidade preferida, as prensas são providas com uma peneira pela qual o extrato fermentável adicional é expresso e que retém o bagaço de grão desidratado. Tipicamente, o tamanho de poros da peneira é na faixa de 20-800 µm. Preferivelmente, o tamanho de poro da peneira é na faixa de 20-300 µm. Mais preferivelmente, o dito tamanho de poro é na faixa de 32-200 µm, acima de tudo preferivelmente na faixa de 32-150 µm.

[031] O teor de sólidos do bagaço de grão desidratado obtido da primeira prensa tipicamente é pelo menos 18% em peso. Preferivelmente, o teor de sólidos é pelo menos 20% em peso, mais preferivelmente pelo menos 25% em peso, ainda mais preferivelmente pelo menos 30% em peso, e acima de tudo preferivelmente pelo menos 35% em peso. Em particular, se o presente método empregar uma sequência de três ou mais combinações de peneira – prensa, perdas de extrato podem ser minimizadas muito efetivamente. Dessa maneira, uma modalidade preferida da invenção diz respeito a um método tal como o anteriormente definido, o dito método compreendendo adicionalmente:

h. transferir o resíduo de bagaço de grão obtido da segunda prensa para um segundo vaso de mistura e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;

i. passar a suspensão por uma terceira peneira para separação em bagaço de grão extraído e água de lavagem diluída;

j. transferir o bagaço de grão extraído para uma terceira prensa e prensar o dito bagaço de grão extraído para obter resíduo de bagaço de grão esgotado e água de descanso diluída; e

k. recircular pelo menos uma parte da água de lavagem diluída e/ou água de descanso diluída para o primeiro vaso de mistura.

[032] A perda de extrato observada no método é tipicamente menor que 15% em peso. Perdas de extrato de menos de 10% em peso, ou mesmo de menos de 5% em peso, e mais preferivelmente de menos de 3% em peso podem ser conseguidas no presente método. Preferivelmente, as últimas eficiências são realizadas por meio do processo de produção de mosto completo, incluindo tanto separação do grão macerado quanto separação de sedimento. A quantidade de perda de extrato na produção de um extrato de grão macerado pode convenientemente ser determinada medindo-se a concentração de extrato na fase líquida do bagaço de grão por um método padrão para determinar concentrações de extrato no mosto (por exemplo, medição da densidade por Anton Paar). Por causa da ausência de líquido livre no bagaço de grão desidratado, o dito bagaço de grão é convenientemente extraído com água quente, após o que o bagaço de grão esgotado é separado por filtração. As perdas de extrato podem ser calculadas a partir do nível de extrato medido no líquido de extração, levando-se em conta a quantidade de água adicionada.

[033] No presente método, a densidade do extrato fermentável obtido do primeiro separador tipicamente excede 15 ºP. As vantagens do presente método são particularmente pronunciadas no caso em que a densidade do extrato de grão macerado obtido do primeiro separador excede 18 ºP. Mais preferivelmente a densidade do extrato de grão macerado excede 20 ºP, ainda mais preferivelmente excede 25 ºP. Em uma modalidade especialmente preferida, a densidade do extrato de grão macerado obtido do primeiro separador excede 28 ºP, mais preferivelmente excede 30 ºP. Essas altas densidades podem ser conseguidas com mínimas perdas de extrato no caso em que as frações de líquido obtidas das peneiras e das prensas são todas recirculadas em uma direção à montante. Em uma modalidade particularmente preferida, o presente processo não produz nenhuma corrente de resíduos

líquidos, isto é, essencialmente toda a água externamente suprida termina no extrato de grão macerado, mais preferivelmente essencialmente toda ela termina no mosto fermentado que é produzido a partir do extrato de grão macerado.

[034] É de conhecimento na indústria cervejeira produzir um extrato fermentável com alta densidade pela incorporação de uma quantidade significativa de ajunto (por exemplo, xarope), especialmente depois de hidrólise enzimática do amido contido no grão macerado. Esses adjuntos podem fornecer altas concentrações de açúcares fermentáveis e, consequentemente, podem ser usados para intensificar a densidade do extrato de grão macerado e mosto. No presente método, altas densidades podem ser alcançadas no extrato de grão macerado e mosto sem adição de açúcares fermentáveis depois da hidrólise enzimática do amido contido no grão macerado. Tipicamente, menos de 30% em peso, preferivelmente menos de 10% em peso de açúcares fermentáveis no extrato de grão macerado e mosto são derivados de açúcares fermentáveis adicionados depois da hidrólise do amido contido no grão macerado. Mais preferivelmente, o extrato de grão macerado e mosto não contêm açúcares fermentáveis derivados de açúcares fermentáveis adicionados depois da hidrólise do amido contido no grão macerado.

[035] É também de conhecimento aumentar a densidade dos extratos de grão macerado ou mosto por evaporação. No presente processo, preferivelmente não é empregada concentração por meio de evaporação.

[036] O presente método é particularmente adequado para produzir um extrato de grão macerado que pode ser usado na produção de bebidas de malte fermentadas por levedura tais como cerveja, cerveja ale, licor de malte, cerveja preta e mistura de cerveja com limonada, especialmente uma cerveja alcoólica ou não alcoólica.

[037] Dessa maneira, o presente método preferivelmente compreende as etapas adicionais de:

- converter o extrato macerado opcionalmente lupulado em

mosto pelo aquecimento do dito extrato de grão macerado a uma temperatura de pelo menos 60°C por pelo menos 15 minutos;

- remover voláteis orgânicos do mosto quente pela redução da pressão e/ou pela sua remoção com um gás ou vapor. Em uma modalidade particularmente preferida, a densidade do extrato de grão macerado é mantida em 15 ºP ou mais, preferivelmente em 18 ºP ou mais,, mais preferivelmente em 20 ºP ou mais durante essas etapas adicionais. Ainda mais preferivelmente a dita densidade é mantida em pelo menos 25 ºP, mais preferivelmente pelo menos 30 ºP durante essas etapas adicionais.

[038] No presente processo, o extrato de grão macerado é preferivelmente convertido em mosto pelo aquecimento do dito grão macerado a 75 – 150°C por 30 minutos até 4 horas, preferivelmente por 30 minutos até 2 horas. O extrato de grão macerado pode convenientemente ser convertido em mosto em um reator de fluxo de tampão.

[039] Os voláteis orgânicos são removidos do mosto quente pela redução da pressão e/ou pela sua remoção com gás ou vapor. Isto é preferivelmente feito de uma maneira contra corrente. Mais preferivelmente, os voláteis orgânicos são removidos por remoção do mosto quente com um gás inerte ou vapor em uma coluna equipada com uma geometria de placa de peneiramento. Tipicamente, o mosto é mantido a uma temperatura de 95-110°C quando os voláteis orgânicos são removidos. A remoção dos voláteis pode convenientemente ser conseguida em 10 minutos, preferivelmente ela é conseguida em 2 minutos.

[040] O mosto quente obtido depois da remoção dos voláteis orgânicos contém uma suspensão consistindo grosseiramente de proteínas, complexos de proteína-tanina e lúpulos, geralmente referidos como sedimento ou quebra quente. A quebra quente ou sedimento é removida em um separador. Exemplos de separadores adequados incluem centrífugas, decantadores, hidrociclones, sedimentadores, peneiras e filtros de membrana. Preferivelmente, o separador é selecionado do grupo que consiste em

decantadores, sedimentadores e centrífugas tipo disco. Mais preferivelmente, o separador usado é uma centrífuga tipo disco. Tipicamente, o separador é operado a um valor de fator de capacidade teórica de pelo menos 1.000 m^2, preferivelmente pelo menos 2.500 m^2 e mais preferivelmente de pelo menos 5.000 m^2 a uma vazão de mosto de 1 m^3/hora. Maiores capacidades podem ser proporcionalmente adaptadas com a vazão no separador e fator de capacidade teórica.

[041] O fator de capacidade teórica (valor SIGMA) de uma centrífuga é calculado com base no método descrito em "Solid Liquid Separation" segunda edição, 1981, de Ladislav Svarovsky, Butterworth-Heineman. O fator é calculado de acordo com a relação seguinte entre: o número de discos (n), a aceleração gravitacional (g), a velocidade angular (ω), o ângulo dos discos com o tubo de alimentação vertical (α), o raio interno da embalagem de discos (r_1) e o raio externo da embalagem de discos (r_2).

$$\Sigma = \frac{\varpi^2}{g}\frac{2}{3}\pi n\left(r_2^3 - r_1^3\right)\cot\alpha$$

[042] De acordo com uma modalidade particularmente preferida, após a remoção dos voláteis orgânicos e quebra quente, o mosto é diluído antes de ser submetido a fermentação de levedura. No presente método, o mosto é preferivelmente diluído a uma densidade na faixa de 10-35 ºP, preferivelmente a uma densidade na faixa de 10-30 ºP, antes da fermentação da levedura. Tipicamente, durante a diluição, a densidade do mosto é reduzida em pelo menos 2 graus Plato, preferivelmente em pelo menos 4 graus Plato e mais preferivelmente em pelo menos 6 graus Plato. Fermentação a alta densidade, por exemplo, densidade acima de 35 ºP, não é prática, já que o crescimento da levedura e metabolismo da levedura são prejudicados a tais altas densidades. A diluição do mosto pode ocorrer antes e/ou depois da remoção do sedimento. Preferivelmente, o mosto é diluído depois da remoção do sedimento.

[043] A diluição do mosto é conseguida combinando-se o mosto com

uma corrente aquosa de menor densidade do que do dito mosto. Deve-se entender que tal corrente de água pode consistir, por exemplo, em água de torneira ou água de mina. Esta também de acordo com o escopo da presente invenção empregar efluente aquoso que foi obtido de uma operação de lavagem no processo cervejeiro. Em particular, pode ser vantajoso combinar o mosto com uma corrente aquosa que é obtida da lavagem da levedura.

[044] A diluição do mosto é vantajosamente feita combinando-se o mosto ainda quente com água de uma temperatura substancialmente mais baixa. Isto pode ser feito de uma maneira contínua, bem como descontínua, a primeira sendo preferida. Tipicamente, o mosto do qual os voláteis orgânicos foram removidos têm uma temperatura superior a 50°C, preferivelmente superior a 60°C, mais preferivelmente na faixa de 70-100°C, quando diluído.

[045] O mosto diluído assim obtido pode ser fermentado em lotes ou de uma maneira contínua. De acordo com uma modalidade particularmente preferida, a fermentação do mosto diluído é conseguida de uma maneira contínua seguinte:

- alimentar o mosto diluído em um vaso de propagação no qual ele é combinado com uma corrente recirculada de resíduo contendo levedura e no qual oxigênio é suprido para iniciar o crescimento de levedura;

- alimentar o mosto do vaso de propagação em uma sequência de um ou mais vasos de fermentação nos quais a levedura é mantida suspensa;

- alimentar o mosto fermentado em um ou mais separadores para remover um resíduo contendo levedura;

- recircular parte do resíduo contendo levedura para o vaso de propagação; e

- alimentar o restante do mosto fermentado nas etapas de processamento subsequentes.

[046] Tipicamente, a densidade original das correntes combinadas de mosto diluído e resíduo contendo levedura no vaso de propagação e em um

ou mais vasos de fermentação é superior a 12 ºP. Preferivelmente, a dita densidade original é na faixa de 14-35 ºP, mais preferivelmente na faixa de 15-30 ºP.

[047] A fim de garantir que ocorre crescimento do mosto no vaso de preparação a uma alta taxa desejável, oxigênio tem que ser suprido. Isto pode ser feito garantindo-se que o vaso de propagação contém um espaço de topo livre de ar que fica em conexão aberta com a atmosfera em volta e agitando-se vigorosamente o caldo de fermentação. Alternativamente, oxigênio ou ar pode ser introduzido no mosto contendo levedura que é contido no vaso de propagação ou pode ser introduzido na corrente de mosto ou na corrente recirculada de resíduo contendo levedura antes de entrar no vaso de propagação. Em ambos os casos, o ar ou oxigênio é vantajosamente distribuído por todo o mosto contendo levedura. Isto pode ser conseguido por agitação, recirculação e/ou introdução de oxigênio ou ar por uma pluralidade de injetores de gás. De acordo com uma modalidade particularmente preferida, oxigênio é suprido introduzindo-o na corrente de mosto antes de entrar no vaso de propagação. Esta modalidade oferece a vantagem de que a concentração de oxigênio pode ser controlada precisamente. Oxigênio é tipicamente introduzido no mosto contendo levedura em uma quantidade de pelo menos 8 ppm, preferivelmente em uma quantidade de 10-40 ppm, calculada na corrente de mosto principal.

[048] Tipicamente, o tempo de permanência no vaso de propagação é na faixa de 0,5-5 horas. O tempo de permanência no vaso de propagação pode ser calculado dividindo o volume operacional do vaso de propagação pela vazão de mosto em direção ao processo. O volume operacional do vaso de propagação é igual ao volume total de líquido que está contido no vaso.

[049] A recirculação do resíduo contendo levedura em combinação com suprimento de oxigênio possibilita manter altas concentrações de levedura no vaso de propagação. Tipicamente, o teor de levedura no mosto no vaso de propagação é mantido em mais de 20 g/litro (com base em levedura úmida). De

acordo com uma modalidade particularmente preferida, a concentração de levedura no mosto no vaso de propagação é na faixa de 30-300 g/L (novamente com base em levedura úmida). Ainda mais preferivelmente, a concentração de levedura do mosto nos vasos de propagação é na faixa de 50-200 g/L. A quantidade de levedura úmida contida em uma suspensão é igual à quantidade de torta de levedura com um teor de água de 73% que pode ser isolada da suspensão por meio de centrifugação. O teor de água supramencionado inclui a água contida nas células de levedura. Vantajosamente, essas concentrações de levedura são mantidas em um ou mais vasos de fermentação a jusante do vaso de propagação. O uso de alta concentração de levedura oferece diversas vantagens importantes, especialmente em termos de eficiência de produtividade e custo.

[050] O presente processo pode ser operado a alta eficiência, recirculando uma grande fração do resíduo contendo levedura que é obtido do vaso de separação. De acordo com uma modalidade preferida, entre 10 e 100%, mais preferivelmente entre 50 e 100% do sedimento de levedura que é removido do vaso de propagação são recirculados para a fermentação.

[051] Tipicamente, pelo menos 20%, especialmente pelo menos 40% da levedura presente no líquido fermentado são recirculados para o vaso de propagação. Mais preferivelmente pelo menos 60% da levedura presente no líquido fermentado são recirculados, acima de tudo preferivelmente pelo menos 75% da levedura presente no líquido fermentado são recirculados. Normalmente, não mais que 98% da levedura presente no líquido fermentado são recirculados.

[052] A temperatura do líquido no vaso de propagação é convenientemente mantida na faixa de 5-40°C, preferivelmente na faixa de 6-25°C, mais preferivelmente na faixa de 8-18°C. O vaso de propagação pode ser operado em pressão superatmosférica, especialmente se ar ou oxigênio pressurizado for introduzido no vaso. Preferivelmente, o vaso de propagação é operado aproximadamente na pressão atmosférica.

[053] A fim de maximizar a eficiência, deve-se garantir que a parte do resíduo contendo levedura que não é recirculado para o vaso de propagação foi amplamente exausto em que virtualmente toda cerveja (verde) foi removida dele. Isto pode ser vantajosamente obtido lavando a levedura contida no mosto fermentado e/ou no resíduo contendo levedura não recirculado.

[054] Tipicamente, pelo menos 20%, especialmente pelo menos 40% da levedura presente no mosto fermentado são removidos do mosto fermentado antes de ele ser submetido a clarificação ou, se não clarificado, antes de ele ser cheio. Preferivelmente, pelo menos 60%, mais preferivelmente pelo menos 80%, ainda mais preferivelmente pelo menos 90% e acima de tudo preferivelmente pelo menos 95% da levedura presente no mosto fermentado são removidos. Preferivelmente, a levedura é removida por meio de sedimentação.

[055] O presente método usa um ou mais vasos de fermentação nos quais a levedura é mantida suspensa. Preferivelmente, a dita levedura não é imobilizada em um veículo. A levedura é convenientemente mantida suspensa nos vasos de fermentação por meio de agitação, recirculação e/ou evolução de dióxido de carbono.

[056] Tipicamente, o tempo de permanência combinado em um ou mais vasos de fermentação é na faixa de 5-80 horas.

[057] O tempo de permanência combinado em um ou mais vasos de fermentação pode ser calculado aumentando o tempo de permanência em cada um dos vasos de fermentação. O tempo de permanência no vaso de fermentação é calculado dividindo-se o volume operacional total do vaso de fermentação pela vazão de mosto no sistema.

[058] A temperatura do mosto em fermentação em um ou mais vasos de fermentação é convenientemente mantida na faixa de 5-40°C, preferivelmente na faixa de 6-25°C, mais preferivelmente na faixa de 8-18°C. De acordo com uma modalidade particularmente preferida, o presente método emprega pelo menos dois vasos de fermentação. O uso de dois ou mais vasos

de fermentação oferece a vantagem de que maiores taxas de conversão do substrato podem ser conseguidas nos vasos anteriores ao último vaso de fermentação. Tipicamente, uma sequência de mais de 4 vasos de fermentação é empregada. Mais preferivelmente, o método emprega uma sequência de 2 ou 3 vasos de fermentação.

[059] No presente método, o tempo de permanência combinado no vaso de propagação e em um ou mais vasos de fermentação tipicamente não excede 80 horas. De acordo com uma modalidade preferida, o dito tempo de permanência combinado não excede 60 horas. Mais preferivelmente, o tempo de permanência combinado é na faixa de 10-50 horas. Esses tempos de permanência relativamente curtos podem convenientemente ser alcançados empregando concentrações de levedura relativamente alas aqui anteriormente descritas.

[060] A fermentação do mosto diluído pode ser conseguida de uma maneira em lotes da seguinte maneira:

- alimentar o mosto diluído em um tanque ou alimentar o mosto não diluído em um tanque e diluí-lo com água;
- inocular o mosto com levedura biologicamente ativa suficiente; e
- fermentar o mosto até a atenuação final desejada.

O oxigênio exigido para propagação de levedura pode ser provido introduzindo-se oxigênio ou ar no tanque que contém o mosto, ou introduzindo oxigênio ou ar no mosto diluído ou não diluído antes da sua introdução no tanque.

[061] Após a remoção do resíduo contendo levedura do mosto fermentado, a cerveja verde assim obtida pode ser submetida a processamento adicional. No caso da produção de cerveja, o processamento adicional preferivelmente inclui maturação, armazenamento a frio, clarificação, carbonatação e enchimento. Preferivelmente, também este processamento adicional é feito de uma maneira contínua.

[062] Tipicamente, o presente método emprega uma etapa de

maturação após a remoção de células de levedura do fermentado. Depois da fermentação, muitos sabores e aromas indesejáveis estão presentes na cerveja "verde" ou imatura. Maturação (também algumas vezes referida como amadurecimento) reduz os níveis desses compostos indesejáveis para dar origem a um produto mais palatável. Preferivelmente, a etapa de maturação ocorre no presente processo antes da filtração, mais preferivelmente antes do processamento em um ou mais separadores. Vantajosamente, a maturação é obtida no presente método de uma maneira contínua, alimentando cerveja não maturada na parte superior do vaso. A cerveja move-se para baixo e a levedura sedimenta através do volume de cerveja. A levedura é coletada na base do vaso e, acima do nível de levedura, a cerveja maturada é removida e alimentada em vasos de armazenamento a frio ou resfriada no mesmo vaso no qual foi alcançada a maturação. A cerveja permanece a uma baixa temperatura por um certo período para permitir a coagulação e estabilização de partículas coloidais.

[063] Maturação pode também ser alcançada em um processo em lotes, maturando a cerveja imatura em um vaso de maturação ou em um fermentador. Após a maturação, levedura é preferivelmente removida. A seguir, a cerveja é transferida para tanques de armazenamento a frio para estabilização, ou é resfriada no fermentador ou vaso de maturação.

[064] Armazenamento a frio tipicamente envolve manter o fermentado a uma temperatura menos de 10°C, preferivelmente menos de 5°C, mais preferivelmente menos de 2°C por pelo menos 12 horas, preferivelmente pelo menos 24 horas. De acordo com uma modalidade preferida, o dito armazenamento a frio é aplicado depois da maturação e antes da filtração.

[065] De acordo com uma modalidade particularmente vantajosa do método aqui antes definido, o dito método é operado de uma maneira completamente contínua. Operação contínua do presente método oferece inúmeras vantagens significativas, incluindo:

- maior produtividade e menos investimento: vasos podem ser

operados por períodos de tempo prolongados sob carga total, significando que, para um mesmo volume de produção, são necessários vasos menores do que em um processo em bateladas;

- qualidade constante e melhor: o processo é mais fácil de controlar por causa da possibilidade de adaptar parâmetros de processo às exigências locais e instantâneas e, por causa das condições de estado estacionário, são muito mais estáveis;
- alto padrão higiênico: o processo contínuo é operado em um sistema fechado;
- menos energia: o consumo de energia é uniformemente disperso, sem grandes picos de uso;
- menos mão-de-obra: a operação do processo contínuo exige menos atenção;
- menos paradas e limpeza: o processo contínuo pode ser operado por períodos de tempo muito maiores do que os processos em lotes.

[066] Um outro aspecto da invenção diz respeito a um aparelho para produzir um extrato de grão macerado compreendendo:

- unidade de aquecimento **3'** tendo uma saída conectada a um:

- dispositivo de peneiramento **4'**, para receber a suspensão do grão macerado, o dispositivo de peneiramento tendo uma saída de baixos sólidos **5a'** e uma saída de altos sólidos **6'** para uma corrente compreendendo entre 8% em peso e 25% em peso de sólidos conectada a uma unidade de prensagem **7'**, a unidade de prensagem **7'** tendo uma saída de baixos sólidos **5b'** e uma saída de altos sólidos **8'** para uma corrente compreendendo entre 18% em peso e 40% em peso de sólidos;

- uma unidade de mistura **2'** tendo uma entrada para um líquido aquoso e uma entrada para um material sólido, a dita unidade de mistura **2'** tendo uma saída conectada na unidade de aquecimento **3'** e em que a unidade de prensagem **7'** tem uma saída de altos sólidos **8'** conectada a uma unidade de mistura **9'**, cuja unidade de mistura **9'** também compreende uma entrada **10'**

para um líquido aquoso, a dita unidade de mistura tendo uma saída que é conectada a um segundo dispositivo de peneiramento **11'**, que tem sua saída de altos sólidos **13'** conectada a uma segunda unidade de prensagem **14'** e em que a saída de baixos sólidos **12a'** do segundo dispositivo de peneiramento **11'** e/ou a saída de baixos sólidos **12b'** da segunda unidade de prensagem **14'** é conectada na entrada da unidade de mistura **2'**.

[067] Também um outro aspecto da invenção diz respeito a um aparelho para produzir um extrato de grão macerado, compreendendo:

- uma unidade de aquecimento **3'** que tem uma saída conectada a:

- um dispositivo de peneiramento **4'**, para receber uma suspensão de mosto, o dispositivo de peneiramento tendo uma saída de baixos sólidos **5a'** e uma saída de altos sólidos **6'** para uma corrente compreendendo entre 8% em peso e 25% em peso de sólidos conectada a uma unidade de mistura **22'**, cuja unidade de mistura **22'** também compreende uma entrada **23'** para um líquido aquoso, a dita unidade de mistura **22'** tendo uma saída que é conectada a um dispositivo de peneiramento **24'** que tem uma saída de baixos sólidos **5c'**, que tem sua saída de altos sólidos **25'** conectada a:

- unidade de prensagem **7'**, a unidade de prensagem **7'** tendo uma saída de baixos sólidos **5b'** e uma saída de altos sólidos **8'** para uma corrente compreendendo entre 18% em peso e 40% em peso de sólidos.

[068] De acordo com uma modalidade preferida, o último aparelho compreende uma unidade de mistura **2'** que tem uma entrada para um líquido aquoso e uma entrada para um material sólido, a dita unidade de mistura **2'** tendo uma saída conectada na unidade de aquecimento **3'** e em que a unidade de prensagem **7'** tem a saída de altos sólidos **8'** conectada a uma unidade de mistura **9'**, cuja unidade de mistura **9'** também compreende uma entrada **10'** para um líquido aquoso, a dita unidade de mistura tendo uma saída que é conectada a um segundo dispositivo de peneiramento **11'**, que tem sua saída de altos sólidos **13'** conectada a uma segunda unidade de prensagem **14'** e em

que a saída de baixos sólidos **12a'** do segundo dispositivo de peneiramento **11'** e/ou a saída de baixos sólidos **12b'** da segunda unidade de prensagem **14'** é conectada na entrada da unidade de mistura **2'**.

[069] Em uma modalidade preferida, o dispositivo de peneiramento **4'** compreende uma superfície de peneiramento vibratória. Em uma modalidade particularmente preferida, a superfície de peneiramento vibratória compreende uma peneira ou malha, um elemento de vibração sendo adaptado para oscilar contra um lado a jusante da superfície de peneiramento.

[070] O dispositivo de peneiramento **4'** vantajosamente tem um tamanho de poro entre 20 µm e 1 mm, preferivelmente entre 20 µm e 300 µm.

[071] De acordo com uma outra modalidade vantajosa do presente aparelho, a saída de altos sólidos **16'** da segunda unidade de prensagem **14'** é conectada a uma terceira unidade de mistura **17'** cuja unidade de mistura **17'** também compreende uma entrada **10'** para um líquido aquoso, a dita unidade de mistura tendo uma saída que é conectada a um terceiro dispositivo de peneiramento **18'**, que tem sua saída de altos sólidos **20'** conectada a uma terceira unidade de prensagem **21'** e em que a saída de baixos sólidos **19a'** do terceiro dispositivo de peneiramento **18'** e/ou a saída de baixos sólidos **19b'** da terceira unidade de prensagem **21'** é conectada na entrada da unidade de mistura **9'**.

[072] No arranjo do aparelho mostrado na figura 1, grão macerado é continuamente alimentado da tremonha **1** no vaso de mistura **2**, no qual o grão macerado é completamente misturado com a corrente aquosa recirculada **12** para produzir um grão macerado. O grão macerado é continuamente transferido do vaso de mistura **2** para a torre de maceração **3** na qual o grão macerado é submetido a um regime de aquecimento que favorece a degradação enzimática do amido. O grão macerado tratado termicamente é alimentado da torre de maceração **3** a uma primeira peneira vibratória **4** onde ele é separado no extrato de grão macerado **5a** e bagaço de grão úmido **6**. O bagaço de grão úmido **6** é continuamente transferido para a primeira prensa de

parafuso **7**, na qual extrato de grão macerado adicional **5b** é removido e bagaço de grão desidratado **8** é expresso. Os extratos de macerado **5a** e **5b** são combinados em uma única corrente de extrato de grão macerado **5** antes de serem submetidos a processamento adicional. O bagaço de grão desidratado **8** obtido da primeira prensa de parafuso **7** é alimentado em um vaso de mistura **9** onde ele é completamente misturado com água de aspersão **10**. A suspensão resultante é continuamente transferida para uma segunda peneira vibratória **11**, onde ela é separada em água de lavagem **12a** e bagaço de grão lavado **13**. O bagaço de grão lavado **13** é continuamente transferido para a segunda prensa de parafuso **14**, na qual água de descanso **12b** é removida e o resíduo de bagaço de grão **15** é expresso. A água de lavagem **12a** e a água de descanso **12b** são combinadas em uma única corrente aquosa **12** que é recirculada para o vaso de mistura **2**.

[073] No arranjo do aparelho mostrado na figura 2, grão macerado é continuamente alimentado da tremonha **1** no vaso de mistura **2**, no qual o grão macerado é completamente misturado com a corrente aquosa recirculada **12** para produzir um grão macerado. O grão macerado é continuamente transferido do vaso de mistura **2** para a torre de maceração **3** na qual o grão macerado é submetido a um regime de aquecimento que favorece a degradação enzimática do amido. O grão macerado tratado termicamente é alimentado da torre de maceração **3** a uma primeira peneira vibratória 4 onde ele é separado em extrato de grão macerado **5a** e bagaço de grão úmido **6**. O bagaço de grão úmido **6** é continuamente transferido para a primeira prensa de parafuso **7**, na qual extrato de grão macerado adicional **5b** é removido e bagaço de grão desidratado **8** é expresso. Os extratos de grão macerado **5a** e **5b** são combinados em uma única corrente de extrato de grão macerado **5** antes de ser submetidos a processamento adicional. O bagaço de grão desidratado **8** obtido da primeira prensa de parafuso **7** é alimentado em um vaso de mistura **9** onde ele é completamente misturado com uma corrente aquosa recirculada **19**. A suspensão resultante é continuamente transferida

para uma segunda peneira vibratória **11**, onde ela é separada na água de lavagem **12a** e bagaço de grão lavado **13**. O bagaço de grão lavado **13** é continuamente transferido para a segunda prensa de parafuso **14**, na qual água de descanso adicional **12b** é removida e o resíduo de bagaço de grão **16** é expresso. A água de lavagem **12a** e a água de descanso **12b** são combinadas em uma única corrente aquosa **12** que é recirculada para o vaso de mistura **2**. O resíduo de bagaço de grão **16** é transferido para um vaso de mistura **17**, onde ele é completamente misturado com água de aspersão **10**. A suspensão resultante é continuamente transferida do vaso de mistura **17** para uma terceira peneira vibratória **18**, onde ela é separada em água de lavagem diluída **19a** e bagaço de grão extraído **20**. O bagaço de grão extraído **20** é continuamente transferido para uma terceira prensa de parafuso **21**, na qual água de descanso diluída **19b** é removida e bagaço de grão esgotado **15** é expresso. A água de lavagem diluída **19a** e água de descanso diluída **19b** são combinadas em uma corrente aquosa **19** que é recirculada para o vaso de mistura **9**.

[074] No arranjo do aparelho mostrado na figura 3, grão macerado é continuamente alimentado da tremonha **1** no vaso de mistura **2**, no qual o grão macerado é completamente misturado com a corrente aquosa recirculada **12** para produzir um grão macerado. O grão macerado é continuamente transferido do vaso de mistura **2** para a torre de maceração **3** na qual o grão macerado é submetido a um regime de aquecimento que favorece a degradação enzimática do amido. O grão macerado tratado termicamente é alimentado da torre de maceração **3** a uma primeira peneira vibratória **4** onde ele é separado em extrato de grão macerado **5a** e bagaço de grão úmido **6**. O bagaço de grão úmido **6** é continuamente transferido para um vaso de mistura **22**, onde ele é completamente misturado com água de aspersão **23**. A suspensão resultante é continuamente transferida para uma segunda peneira vibratória **24** onde ela é separada em água de lavagem **5c** e bagaço de grão úmido **25**. O bagaço de grão úmido **25** é continuamente transferido para a primeira prensa de parafuso **7**, na qual extrato de grão macerado adicional **5b** é

removido e bagaço de grão desidratado **8** é expresso. Os extratos de grão macerado **5a**, **5b** e água de lavagem **5c** são combinados em uma única corrente de extrato de grão macerado **5** antes de ser submetida a processamento adicional. O bagaço de grão desidratado **8** obtido da primeira prensa de parafuso **7** é alimentado em um vaso de mistura **9** onde ele é completamente misturado com água de aspersão **10**. A suspensão resultante é continuamente transferida para uma terceira peneira vibratória **11**, onde ela é separada em água de lavagem **12a** e bagaço de grão úmido **13**. O bagaço de grão úmido **13** é continuamente transferido para a segunda prensa de parafuso **14**, na qual água de descanso **12b** é removida e o resíduo de bagaço de grão **15** é expresso. A água de lavagem **12a** e a água de descanso **12b** são combinadas em uma única corrente aquosa **12** que é recirculada para o vaso de mistura **2**.

[075] A invenção está ilustrada com mais detalhes por meio dos exemplos seguintes.

Exemplos

Exemplo 1:

[076] Uma corrente de 960 kg/h de mosto é produzida com uma concentração de extrato de 14 ºP no final do processo de produção do mosto. Este mosto é fermentado, maturado e estabilizado em fermentadores de lotes e subsequentemente continuamente centrifugado e filtrado.

[077] Na frente do processo, 455 L/h de água de infusão (50°C) são continuamente misturados com 205 kg/h de grão de grão macerado com pilão (tamanho de peneira 1,5 mm). Ambas as correntes são alimentadas em um reator de tanque agitado continuamente de volume de trabalho de 70 litros a uma temperatura de 58°C. O tempo de permanência deste tratamento é cerca de 7 minutos e serve para a quebra usual de proteínas no malte e permite a dissolução e a degradação de glucanos e componentes relacionados.

[078] Em seguida, a mistura, referida como "macerado", é alimentada em um reator tubular vertical de fluxo pistonado. Este tipo de reator foi descrito

em patentes anteriores de Heineken (WO 92/12231). A certas alturas na coluna, o grão macerado é aquecido por injeção direta de vapor e o todo o reator é isolado para minimizar perdas de calor. As temperaturas são escolhidas de maneira tal que a conversão de amido de malte em açúcares fermentáveis seja apropriada para o produto desejado. O perfil de temperatura neste exemplo tem um primeiro descanso a 58°C para 13. A sacarificação de repouso subsequente a 67°C tem uma duração de 80 minutos e o grão macerado é então aquecida a uma temperatura de remoção de grão macerado de 78°C, em cuja temperatura existe um descanso final de 7 minutos. O grão macerado tem um tempo de permanência total na coluna de 100 minutos, e o grão macerado resultante é alimentada na seção de separação de grão macerado. Antes da separação do grão macerado, o grão macerado é diluído em uma concentração de extrato de 13,7 ± 1,0 ºP (95% CI) pela adição de água quente a 78°C.

[079] A separação das cascas de malte e outros sólidos do grão macerado é feita por uma peneira vibratória do tipo VTS 1200 fornecida pela Allgaier Werke GmbH, Uhingen, Alemanha. Esta peneira é operada com um filtro de pano de aço inoxidável de 100 µm. Por baixo do filtro de pano, esferas poliméricas colidem no pano para impedir formação de fuligem e entupimento dos poros do filtro de pano. A peneira separa as partículas no grão macerado em uma corrente de 24% de finos e 76% de materiais grosseiros. Os finos são suspensos em uma corrente de líquido que passa pelos poros do pano da peneira a uma vazão de 1.002 ± 15 L/h. As partículas grosseiras são espessadas a uma concentração de matéria seca de 15,8 ±2,3% (p/p) e ainda contêm uma quantidade significativa de extrato e água. Este teor de líquido do bagaço de grão retido é subsequentemente reduzido pela alimentação de material grosseiro parcialmente desidratado em uma prensa de filtro equipada com uma seção de desidratação de 150 µm a uma vazão de 193 ± 7 kg/h. Uma quantidade significativa de líquido é assim removida do bagaço de grão (41 ± 1,4 kg/h) e a concentração de matéria seca final no bagaço de grão

descarregado é 21,2 ±3,8% (p/p). A perda de extrato global é 14,4%.

[080] O produto da separação do grão macerado é agora referido como mosto, e tem uma vazão de aproximadamente 1.000 L/h. Extrato de lúpulo a uma taxa de 7 g/h é dosado continuamente em linha e a mistura é aquecida a uma temperatura de 103°C por um trocador de calor alimentado com vapor. O mosto é bombeado para um reator tubular vertical de fluxo pistonado. Este reator de coluna tem as mesmas dimensões da coluna de conversão de maceração anteriormente descrita e o tempo de permanência é 60 minutos. Reações típicas que ocorrem neste reator são: desnaturação e coagulação de proteína, esterilização, isomerização lúpulo, formação de cor, produção de dimetilsulfeto (DMS) a partir de seu precursor a base de malte (S-metilmetionina).

[081] O mosto é em seguida tratado em uma coluna de remoção de geometria peneira-placa anteriormente descrita na patente da Heineken (WO 95/26395). Vapor de 1,5 bar é usado na operação contracorrente para remover compostos de sabor indesejáveis (principalmente DMS) a uma vazão de 20 kg/h e em condições atmosféricas no topo do removedor. O mosto que deixa a base do removedor é alimentado em um pequeno armazenamento temporário com dimensões desprezíveis e diretamente alimentado em uma centrífuga do tipo descarga contínua. Esta máquina tem uma velocidade rotacional de 7.400 e um fator de capacidade teórica de 13.000 m^2.

[082] Em seguida, o resfriamento do mosto ocorre em dois refrigeradores de mosto de placa ou armação paralela que reduzem a temperatura do mosto de 95-100°C para 8°C por meio de uma configuração água-glicol de dois estágios.

[083] Um volume total de 2,2 m^3 de mosto resfriado é continuamente alimentado em um tanque de fermentação cilíndrico/cônico, junto com levedura ativa a uma concentração de 2,5 g/L. Oxigenação contínua é alcançada por meio de aeração em linha. A fermentação de lotes primária foi realizada a 10°C e, quando a concentração de extrato atingiu 6,5 ºP, a temperatura foi

aumentada naturalmente para 13°C. Depois que as concentrações de diacetila foram reduzidas para um nível de 30 ppm, os conteúdos do tanque foram resfriados a -1,5°C em 24 horas. Esta fase fria foi mantida por 6 dias.

[084] A cerveja foi então filtrada sobre um filtro de cerveja clara kieselguhr do tipo disco vertical. Depois desta filtração, a cerveja foi estabilizada com as dosagens usuais de PVPP (polivinilpirrolidona) e a filtração de PVPP necessária. Finalmente, a cerveja foi embalada em recipientes adequadas (garrafa de vidro).

Exemplo 2

[085] Uma corrente de 905 kg/h de mosto é produzida com uma concentração de extrato de 16,5 ºP no final do processo de produção de mosto. Este mosto é fermentado, maturado e estabilizado em fermentadores de lote e subsequentemente continuamente centrifugado e filtrado.

[086] Na frente do processo, 460 L/h de água de infusão (50°C) são continuamente misturados com 206 kg/h de grão de malte triturado em um moinho de martelo (tamanho de peneira 1,5 mm). Ambas as correntes são alimentadas em um reator de tanque de agitação contínua de volume de trabalho de 70 litros a uma temperatura de 58°C. O tempo de permanência deste tratamento é cerca de 7 minutos e serve para a quebra usual de proteínas no malte e permite a dissolução e a degradação de glucanos e componentes relacionados.

[087] Em seguida, a mistura, referida como "macerado", é alimentada em um reator tubular vertical de fluxo pistonado. Este tipo de reator foi descrito em patentes anteriores pela Heineken (WO 92/12231). A certas alturas na coluna, o grão macerado é aquecido por injeção direta de vapor e o reator é completamente isolado para minimizar perdas de calor. As temperaturas são escolhidas de maneira tal que a conversão de amido de malte em açúcares fermentáveis é apropriada para o produto desejado. O perfil de temperatura neste exemplo tem um primeiro descanso a 58°C para 13. O descanso de sacarificação subsequente a 67°C tem uma duração de 80 minutos e o grão

macerado é então aquecida a uma temperatura de desmaceração de 78°C, em cuja temperatura existe um descanso final de 7 minutos. O grão macerado tem um tempo de permanência total dentro da coluna de 100 minutos e o grão macerado resultante é alimentada na seção de separação de grão macerado.

[088] A separação de cascas do malte e outros sólidos do grão macerado é feita por uma peneira vibratória do tipo VTs 1200 fornecida pela Allgaier Werke GbmH, Uhingen, Alemanha. Esta peneira é operada com um filtro de pano de aço inoxidável de 100 µm. Por baixo do pano da peneira, esferas poliméricas colidem no pano para impedir formação de fuligem e entupimento dos poros do pano da peneira. A peneira separa as partículas no grão macerado em uma corrente de 24% de finos e 76% de materiais grosseiros. Os finos são suspensos em uma corrente de líquido que passa pelos poros do pano da peneira a uma vazão de 970 L/h. As partículas grosseiras são espessadas a uma concentração de matéria seca de 16% (p/p) e alimentadas em um tanque de mistura onde a concentração de extrato é reduzida pela adição de uma corrente de 510 L/h de água de infusão a 78°C. O produto deste tanque de mistura é novamente separado por uma peneira vibratória (VTS 600) com um pano de 100 µm. A fração de bagaço de grão grosseiro ainda contém uma quantidade significativa de extrato e água. Este teor de líquido do bagaço de grão retido é subsequentemente reduzido pela alimentação de material grosseiro parcialmente desidratado em uma prensa de parafuso equipada com uma seção de desidratação de 150 µm a uma vazão de 205 kg/h. Uma quantidade significante de líquido é assim removida do bagaço de grão e a concentração da matéria seca final no bagaço de grão descarregado é 24% (p/p). O produto líquido da segunda peneira é recirculado e misturado com a corrente de grão macerado para obter uma corrente de alimentação diluída na primeira peneira, otimizando assim as condições de recuperação de extrato. A perda de extrato geral é portanto reduzida para 2,6% na separação do grão macerado. O produto da separação do grão macerado é agora referido como um mosto e tem uma vazão de 970 L/h. Extrato de lúpulo

a uma taxa de 7 g/h é dosado continuamente em linha e a mistura é aquecida a uma temperatura de 103°C por um trocador de calor alimentado com vapor. O mosto é bombeado para um reator tubular vertical de fluxo pistonado. Este reator de coluna tem as mesmas dimensões da coluna de conversão de maceração anteriormente descrita e o tempo de permanência é 65 minutos. Reações típicas que ocorrem neste reator são: desnaturação e coagulação de proteína, esterilização, isomerização de lúpulo, formação de cor, produção de dimetilsulfeto (DMS) a partir de seu precursor a base de malte (S-metilmetionina).

[089] O mosto é em seguida tratado em uma coluna de remoção de geometria de peneira – placa anteriormente descrita na patente da Heineken (WO 95/26395). Vapor a 1,5 bar é usado na operação contracorrente para remover compostos de sabor indesejáveis (principalmente DMS) a uma vazão de 20 kg/h e em condições atmosféricas no topo do removedor. O mosto que deixa a base do removedor é alimentado em um pequeno armazenamento provisório com dimensões desprezíveis e diretamente alimentado em uma centrífuga do tipo descarga descontínua. Esta máquina tem uma velocidade rotacional de 7.400 rpm e um fator de capacidade teórico de 13.000 m^2. A freqüência de descarga é regulada pelo depósito de torta dentro da máquina.

[090] Em seguida, o resfriamento do mosto ocorre em dois refrigeradores de mosto de placa e armação paralelos que reduzem a temperatura do mosto de 95-100°C para 8°C pela configuração de água-glicol de dois estágios.

[091] O volume total de 2,2 m^3 de mosto frio é continuamente alimentado em um tanque de fermentação cilíndrico/cônico junto com levedura ativa em uma concentração de 2,5 g/L. Oxigenação contínua é alcançada pela aeração em linha. A fermentação do lote primário foi realizada a 10°C e, quando a concentração do extrato atingiu 6,5 ^oP, a temperatura aumentou naturalmente para 13°C. Depois que a concentração de diacetila foi reduzida para um nível de 30 ppm, os conteúdos do tanque foram resfriados para -1,5°C

em 24 horas. Esta fase fria foi mantida por 6 dias.

[092] A cerveja foi então filtrada em um filtro de cerveja clara kieselguhr do tipo disco vertical. Depois desta filtração, a cerveja foi estabilizada com dosagens usuais de PVPP e a filtração de PVPP necessária. Finalmente, a cerveja foi embalada em recipientes adequados (garrafa de vidro).

Exemplo 3

[093] Uma corrente de 904 kg/h de mosto é produzida com uma concentração de extrato de 16,5 ^{o}P no final do processo de produção de mosto. Este mosto é fermentado, maturado e estabilizado em fermentadores de lote e subseqüentemente continuamente centrifugado e filtrado.

[094] Na frente do processo, 410 L/h de água de infusão (50°C) são continuamente misturados com 205 kg/h de grão de malte triturado em um moinho de martelo (tamanho de peneira 1,5 mm). Ambas as correntes são alimentadas em um reator de tanque de agitação contínua de volume de trabalho de 70 litros a uma temperatura de 58°C. O tempo de permanência deste tratamento é cerca de 7 minutos e serve para a quebra usual de proteínas no malte e permite a dissolução e a degradação de glucanos e componentes relacionados.

[095] Em seguida, a mistura, referida como "grão macerado", é alimentada em um reator tubular vertical de fluxo pistonado. Este tipo de reator foi descrito em patentes anteriores pela Heineken (WO 92/12231). A certas alturas na coluna, o grão macerado é aquecido por injeção direta de vapor e o reator é completamente isolado para minimizar perdas de calor. As temperaturas são escolhidas de maneira tal que a conversão de amido de malte em açúcares fermentáveis é apropriada para o produto desejado. O perfil de temperatura neste exemplo tem um primeiro descanso a 58°C para 13. O descanso de sacarificação subsequente a 67°C tem uma duração de 80 minutos e o grão macerado é então aquecido a uma temperatura de desmaceração de 78°C e o grão macerado é então aquecido a uma

temperatura de desmaceração de 78°C, em cuja temperatura existe um descanso final de 7 minutos. O grão macerado tem um tempo de permanência total dentro da coluna de 100 minutos e o grão macerado resultante é alimentado na seção de separação de grão macerado.

[096] A separação de cascas do malte e outros sólidos do grão macerado é feita por uma peneira vibratória do tipo VTS 1200 fornecida pela Allgaier Werke GbmH, Uhingen, Alemanha. Esta peneira é operada com um filtro de pano de aço inoxidável de 100 µm. Por baixo do pano da peneira, esferas poliméricas colidem no pano para impedir formação de fuligem e entupimento dos poros do pano da peneira. A peneira separa as partículas no grão macerado em uma corrente de 24% de finos e 76% de materiais grosseiros. Os finos são suspensos em uma corrente de líquido que passa pelos poros do pano da peneira a uma vazão de 971 L/h. As partículas grosseiras são espessadas a uma concentração de matéria seca de 16% (p/p) e alimentadas em uma prensa de parafuso onde o teor de matéria seca do bagaço de grão aumentou para 21%. O líquido resultante é recirculado para a peneira supramencionada enquanto o bagaço de grão é alimentado em um tanque onde a concentração do extrato é reduzida pela adição de uma corrente de 540 L/h de água de infusão a 78°C. O produto deste tanque de mistura é novamente separado por uma peneira vibratória (VTS 600) com um pano de 100 µm. A fração de bagaço de grão grosseiro ainda contém uma quantidade significativa de extrato e água. Este teor de líquido do bagaço de grão retido é subsequentemente reduzido pela alimentação de material grosseiro parcialmente desidratado em uma prensa de parafuso equipada com uma seção de desidratação de 150 µm a uma vazão de 205 kg/h. Uma quantidade significante de líquido é assim removida do bagaço de grão e a concentração da matéria seca final no bagaço de grão descarregado é 28% (p/p). O produto líquido da segunda peneira é recirculado e misturado com a corrente de grão macerado para obter uma corrente de alimentação diluída na primeira peneira, otimizando assim as condições de recuperação de extrato. A perda de extrato

geral é portanto reduzida para 1,5% na separação do grão macerado.

[097] O produto da separação do grão macerado é agora referido como um mosto e tem uma vazão de 971 L/h. Extrato de lúpulo a uma taxa de 7 g/h é dosado continuamente em linha e a mistura é aquecida a uma temperatura de 103°C por um trocador de calor alimentado com vapor. Em seguida, mosto é bombeado para um reator de fluxo pistonado. Este reator de coluna tem as mesmas dimensões da coluna de conversão de maceração anteriormente descrita e o tempo de permanência é 65 minutos. Reações típicas que ocorrem neste reator são: desnaturação e coagulação de proteína, esterilização, isomerização de lúpulo, formação de cor, produção de dimetilsulfeto (DMS) a partir de seu precursor a base de malte (S-metilmetionina).

[098] O mosto é em seguida tratado em uma coluna de remoção de geometria de peneira – placa anteriormente descrita na patente da Heineken (WO 95/26395). Vapor a 1,5 bar é usado na operação contracorrente para remover compostos de sabor indesejáveis (principalmente DMS) a uma vazão de 20 kg/h e em condições atmosféricas no topo do removedor. O mosto que deixa a base do removedor é alimentado em um pequeno armazenamento provisório com dimensões desprezíveis e diretamente alimentado em uma centrífuga do tipo descarga descontínua. Esta máquina tem uma velocidade rotacional de 7.400 rpm e um fator de capacidade teórico de 13.000 m^2. A frequência de descarga é regulada pelo depósito de torta dentro da máquina.

[099] Em seguida, o resfriamento do mosto ocorre em dois refrigeradores de mosto de placa e armação paralelos que reduzem a temperatura do mosto de 95-100°C para 8°C pela configuração de água-glicol de dois estágios.

[0100] O volume total de 2,2 m^3 de mosto frio é continuamente alimentado em um tanque de fermentação cilíndrico/cônico junto com levedura ativa em uma concentração de 2,5 g/L. Oxigenação contínua é alcançada pela aeração em linha. A fermentação do lote primário foi realizada a 10°C e,

quando a concentração do extrato atingiu 6,5 ºP, a temperatura aumentou naturalmente para 13°C. Depois que a concentração de diacetila foi reduzida para um nível de 30 ppm, os conteúdos do tanque foram resfriados para -1,5°C em 24 horas. Esta fase fria foi mantida por 6 dias.

[0101] A cerveja foi então filtrada em um filtro de cerveja clara kieselguhr do tipo disco vertical. Depois desta filtração, a cerveja foi estabilizada com dosagens usuais de PVPP e a filtração de PVPP necessária. Finalmente, a cerveja foi embalada em recipientes adequados (garrafa de vidro).

Reivindicações

1. MÉTODO PARA PRODUZIR UM EXTRATO DE GRÃO MACERADO, compreendendo:

a. macerar matérias-primas particuladas contendo amido e opcionalmente maltadas com água;

b. aquecer o macerado e hidrolisar enzimaticamente o amido;

caracterizado pelo fato de que também compreende:

c. passar o macerado tratado termicamente em uma primeira peneira para separação em um extrato fermentável e bagaço de grão úmido; e

d. transferir o bagaço de grão úmido, opcionalmente depois de o bagaço de grão úmido ter sido submetido a uma operação de lavagem e peneiramento, a uma primeira prensa e prensar o dito bagaço de grão úmido para obter bagaço de grão com água removida e extrato fermentável adicional;

em que o método compreende as etapas adicionais de:

e. transferir o bagaço de grão com água removida para um primeiro vaso de mistura e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;

f. passar a suspensão por uma segunda peneira para separação em bagaço de grão lavado e água de lavagem; e

g. transferir o bagaço de grão lavado para uma segunda prensa e prensar o dito bagaço de grão lavado para obter resíduo de bagaço de grão e água de descanso;

e/ou em que, antes de ser transferido para a primeira prensa, o bagaço de grão úmido é submetido a uma operação de lavagem e peneiramento, compreendendo:

- transferir o bagaço de grão úmido para um vaso de lavagem e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;
- passar a suspensão por uma peneira adicional para separação em bagaço de grão úmido e água de lavagem;

em que as etapas *c* até *g* são realizadas de forma contínua;

em que pelo menos uma parte da água de lavagem e/ou água de descanso é recirculada para a etapa de maceração *a*;

e em que a quantidade total de água de lavagem e água de descanso recirculadas constituem pelo menos 80 % em peso da quantidade total de água aplicada na etapa de maceração *a*.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas adicionais de:

e. transferir o bagaço de grão com água removida para um primeiro vaso de mistura e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;

f. passar a suspensão por uma segunda peneira para separação em bagaço de grão lavado e água de lavagem; e

g. transferir o bagaço de grão lavado para uma segunda prensa e prensar o dito bagaço de grão lavado para obter resíduo de bagaço de grão e água de descanso.

3. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizado pelo fato de que, antes de ser transferido para a primeira prensa, o bagaço de grão úmido é submetido a uma operação de lavagem e peneiramento, compreendendo:

- transferir o bagaço de grão úmido para um vaso de lavagem e misturá-lo com água de aspersão para produzir uma suspensão;
- passar a suspensão por uma peneira adicional para separação em bagaço de grão úmido e água de lavagem.

4. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que as peneiras são peneiras vibratórias.

5. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que as prensas são prensas de parafuso.

6. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o dito método é operado de uma maneira contínua.

7. APARELHO PARA PRODUZIR UM EXTRATO DE GRÃO MACERADO pelo método, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que compreende:

- uma unidade de aquecimento (3') que tem uma saída conectada a:

- um dispositivo de peneiramento (4') para receber uma suspensão de grão macerado, o dispositivo de peneiramento tendo uma saída de baixo teor de sólidos (5a') e uma saída de alto teor de sólidos (6') para uma corrente compreendendo entre 8 % em peso e 25 % em peso de sólidos conectada a uma unidade de prensagem (7'), a unidade de prensagem (7') tendo uma saída de baixo teor de sólidos (5b') e uma saída de alto teor de sólidos (8') para uma corrente compreendendo entre 18 % em peso e 40 % em peso de sólidos;

- uma unidade de mistura (2') com uma entrada para um líquido aquoso e uma entrada para um material sólido, a dita unidade de mistura (2') tendo uma saída conectada na unidade de aquecimento (3') e em que a unidade de prensagem (7') tem a saída de alto teor de sólidos (8') conectada a uma unidade de mistura (9'), cuja unidade de mistura (9') também compreende uma entrada (10') para um líquido aquoso, a dita unidade de mistura tendo uma saída que é conectada a um segundo dispositivo de peneiramento (11'), que tem sua saída de alto teor de sólidos (13') conectada a uma segunda unidade de prensagem (14') e em que a saída de baixo teor de sólidos (12a') do segundo dispositivo de peneiramento (11') e/ou a saída de baixo teor de sólidos (12b') da segunda unidade de prensagem (14') é conectada na entrada da unidade de mistura (2').

8. APARELHO PARA PRODUZIR UM EXTRATO DE GRÃO MACERADO pelo método, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que compreende:

- uma unidade de mistura (2') que tem uma entrada para um líquido aquoso e uma entrada para um material sólido, a dita unidade de

mistura (2’) tendo um saída conectada a:

- uma unidade de aquecimento (3’) que tem uma saída conectada a:

- um dispositivo de peneiramento (4’), para receber uma suspensão de grão macerado, o dispositivo de peneiramento tendo uma saída de baixo teor de sólidos (5a’) e uma saída de alto teor de sólidos (6') para uma corrente compreendendo entre 8 % em peso e 25 % em peso de sólidos conectada a:

- uma unidade de mistura (22’), cuja unidade de mistura (22’) também compreende uma entrada (23’) para um líquido aquoso, a dita unidade de mistura (22’) tendo uma saída que é conectada a:

- um dispositivo de peneiramento (24’) que tem uma saída de baixo teor de sólidos (5c’), que tem uma saída de alto teor de sólidos (25’) conectada a:

- unidade de prensagem (7’), a unidade de prensagem (7’) tendo uma saída de baixo teor de sólidos (5b’) e uma saída de alto teor de sólidos (8’) para uma corrente compreendendo entre 18 % em peso e 40 % em peso de sólidos, a saída de alto teor de sólidos (8’) sendo conectado a:

- uma unidade de mistura (9’) compreendendo uma entrada (10’) para um líquido aquoso e uma saída que é conectada a:

- um segundo dispositivo de peneiramento (11’) tendo uma saída de baixo teor de sólidos (12a’) e uma saída de alto teor de sólidos (13’) conectada a:

- uma segunda unidade de prensagem (14’) tendo uma saída de baixo teor de sólidos (12b’);

em que a saída de baixo teor de sólidos (12a’) do segundo dispositivo de peneiramento (11’) e/ou a saída de baixo teor de sólidos (12b’) da segunda unidade de prensagem (14’) é conectada à entrada da unidade de mistura (2).

9. APARELHO, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 7 a 8, caracterizado pelo fato de que os dispositivos de peneiramento compreendem uma superfície de peneiramento vibratória.

10. APARELHO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 9, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de peneiramento tem um tamanho de poros entre 20 μm e 1 mm, preferivelmente entre 20 μm e 300 μm.

11. APARELHO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 10, caracterizado pelo fato de que a saída de alto teor de sólidos (16') da segunda unidade de prensagem (14') é conectada a uma terceira unidade de mistura (17'), cuja unidade de mistura (17') também compreende uma entrada (10') para um líquido aquoso, a dita unidade de mistura tendo uma saída que é conectada a um terceiro dispositivo de peneiramento (18'), que tem sua saída de alto teor de sólidos (20') conectada a uma terceira unidade de prensagem (21') e em que a saída de baixo teor de sólidos (19a') do terceiro dispositivo de peneiramento (18') e/ou a saída de baixo teor de sólidos (19b') da terceira unidade de prensagem (21') é conectada na entrada da unidade de mistura (9').

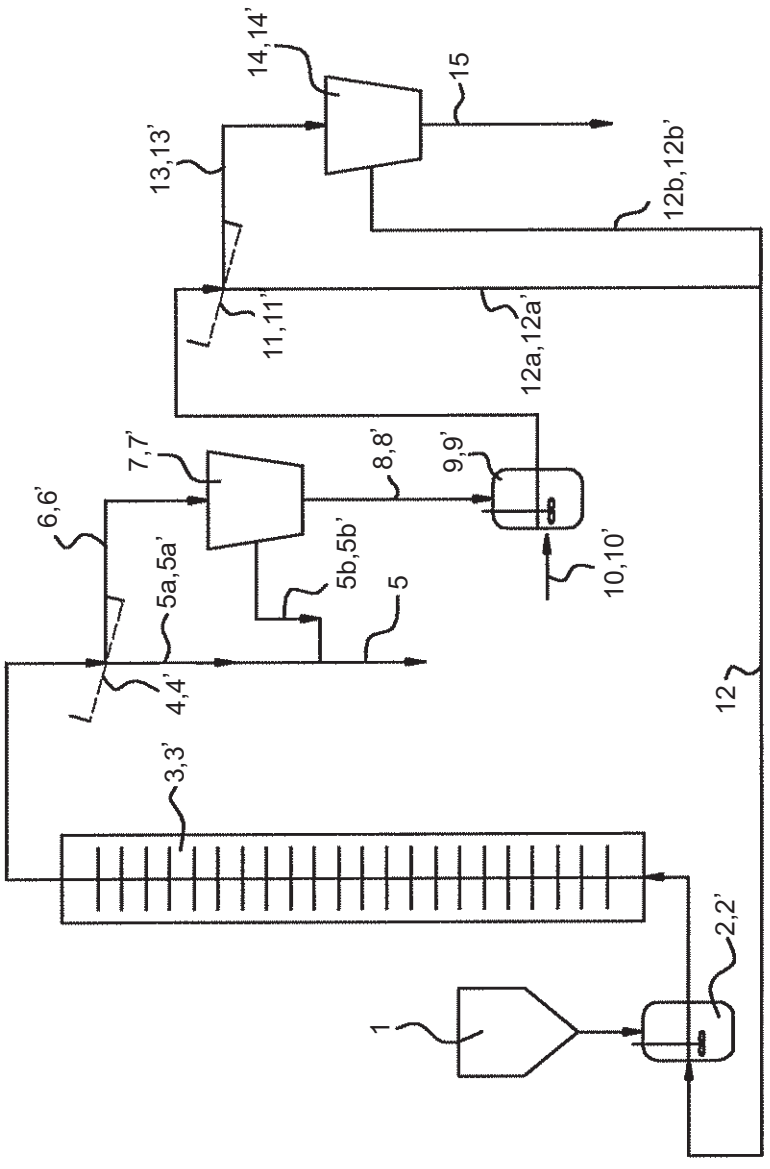
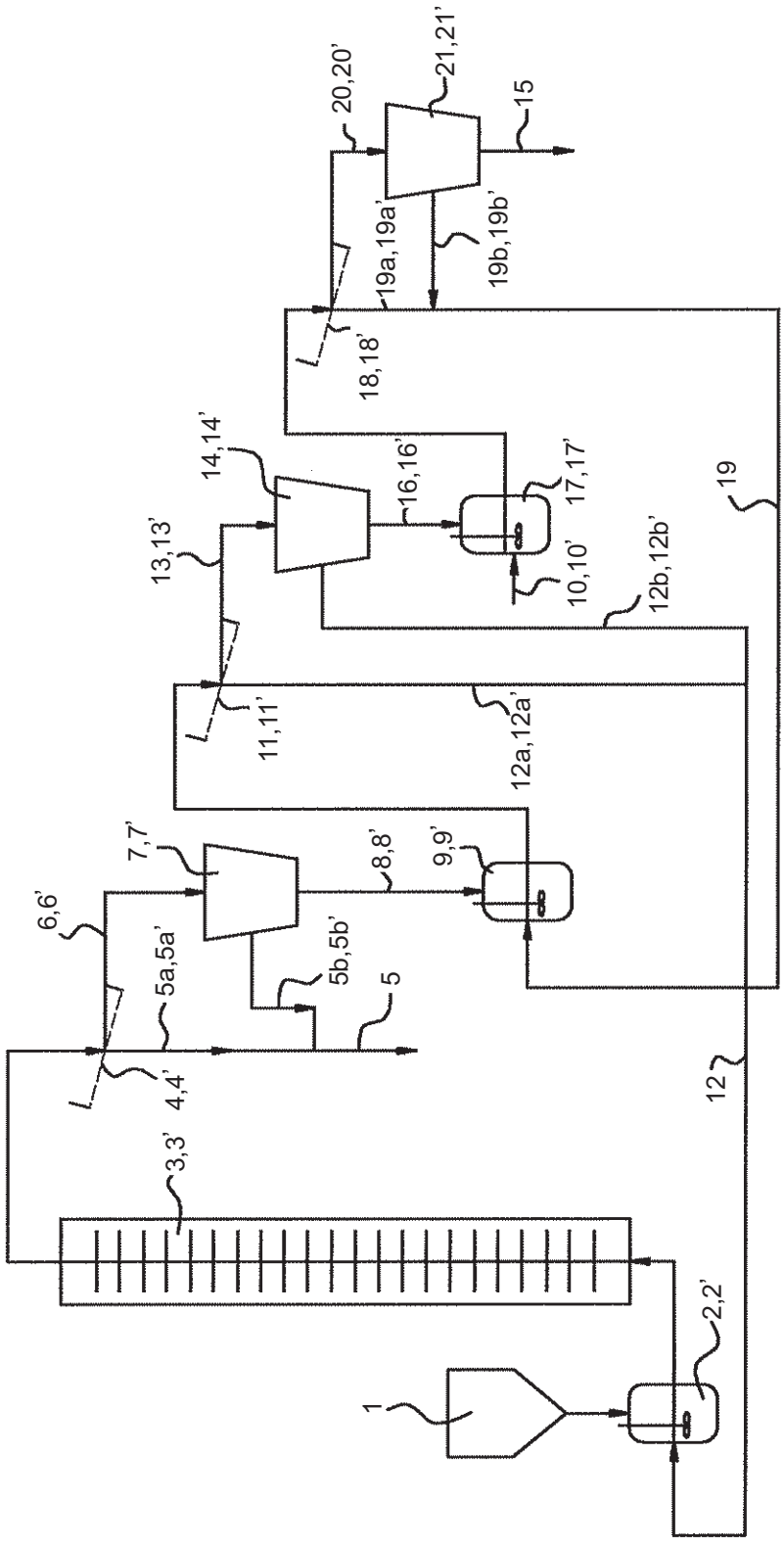

14,14'
15
13,13'
12b,12b'
11,11'
12a,12a'
7,7'
8,8'
9,9'
6,6'
5a,5a'
5b,5b'
5
10,10'
4,4'
12
3,3'
2,2'
1

Fig 1

Fig 2


1
2,2'
3,3'
4,4'
5
5a,5a'
5b,5b'
6,6'
7,7'
8,8'
9,9'
10,10'
11,11'
12
12a,12a'
12b,12b'
13,13'
14,14'
15
16,16'
17,17'
18,18'
19
19a,19a'
19b,19b'
20,20'
21,21'

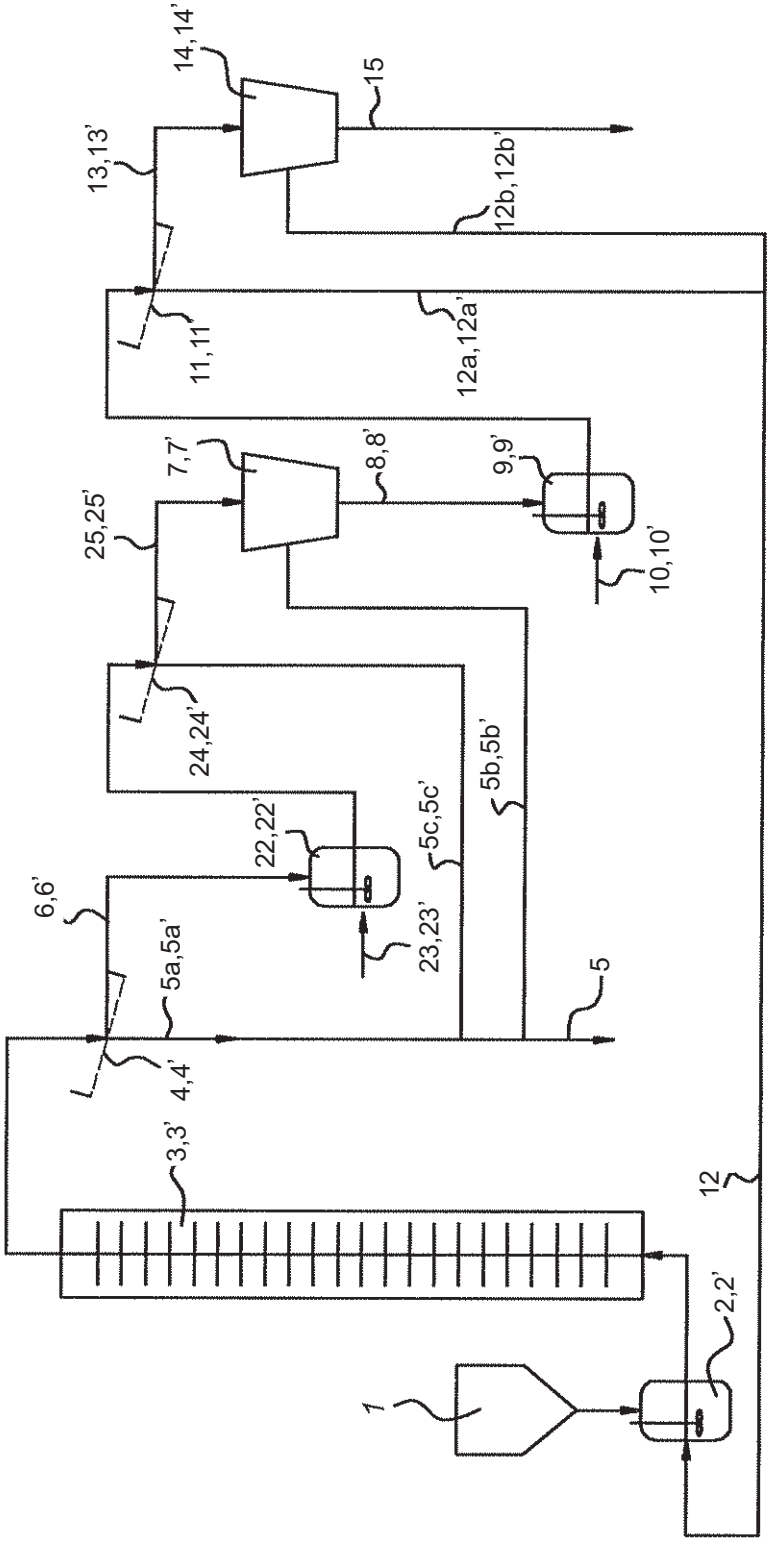

14,14'
15
13,13'
12b,12b'
11,11'
12a,12a'
7,7'
8,8'
9,9'
25,25'
10,10'
24,24'
5b,5b'
22,22'
5c,5c'
6,6'
23,23'
5a,5a'
5
4,4'
3,3'
12
2,2'
1

Fig 3