

A história e o processo da produção da cerveja: uma revisão

Larissa Bicalho Pimenta¹

Juliana Kátia Lopes Araújo Rodrigues²

Marlen Danielle Dias Sena³

Anna Labelle Alves Corrêa⁴

Raissa Lorena Gomes Pereira⁵

RESUMO

A cerveja é considerada uma das bebidas mais populares entre as que são consumidas mundialmente, perdendo somente para água e café. Ela é produzida por meio da fermentação do mosto cervejeiro proveniente do malte da cevada, e água potável por incremento da levedura e adição do lúpulo. Para fabricar uma boa cerveja, é necessária uma excelente técnica de criação – o sabor e o aroma da cerveja estão diretamente ligados às leveduras escolhidas. Atualmente, cepas de *Saccharomyces cerevisiae* são utilizadas nos processos de produção. Essas culturas selecionadas tendem a aperfeiçoar o processo e a intensificar a qualidade da matéria-prima. São imprescindíveis as análises da fabricação durante o processo. É importante a realização do teste de iodo de modo a verificar se todo o açúcar foi convertido. Após a maturação, é fundamental analisar o teor alcoólico, pois esse indica a porcentagem de álcool presente na amostra. As análises de densidade, pH, cor, turbidez e contagem de células também são essenciais, já que auxiliam na verificação da qualidade da cerveja. O presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura com ênfase na fabricação da cerveja e nas principais análises necessárias para garantir a qualidade do produto durante o processo, bem como a qualidade final.

Termos para indexação: fermentação, levedura, lúpulo, malte.

Beer history and production process: a review

ABSTRACT

Beer is considered one of the most popular drinks among the ones consumed worldwide, second only to water and coffee. It is produced from the fermentation of the beer wort from the barley malt, and drinking water by increasing yeast and adding hops. For good beer production, an excellent breeding technique is necessary – the beer flavor and aroma are directly linked to the chosen yeasts. Currently, strains of *Saccharomyces cerevisiae* are used in the production process. These selected cultures tend to improve the process and enhance the quality of the raw material. Manufacturing analyses are essential during the process, and it is important to perform the iodine test in order to verify that all the sugar has been converted. After maturation it is essential to analyze the alcohol content, as it indicates the percentage of alcohol present in the sample. Density, pH, color, turbidity and cell count analyses are also essential, as they help to verify beer quality. Thus, this article aims to carry out a literature review with an emphasis on brewing and the main analyses necessary to guarantee the quality of the product during the process, as well as the final quality.

Index terms: fermentation, yeast, hops, malt.

¹ Engenheira química. Analista de laboratório. Cláudio, MG.
E-mail: larissabicalhopimenta@gmail.com

² Engenheira química, mestranda em Biotecnologia. Montes Claros, MG.
E-mail: juliana_katia96@hotmail.com

³ Engenheira química. Montes Claros, MG. E-mail: marlendaniellediassena@yahoo.com.br

⁴ Engenheira química. Analista de laboratório. Cláudio, MG. E-mail: annacorrea036@gmail.com

⁵ Engenheira química. Montes Claros, MG. E-mail: raissa896@gmail.com

Ideias centrais

- Início do processo de fabricação de cerveja
- Principais análises realizadas no processo de fabricação
- Explicação de como ocorre o preparo dos equipamentos e as diferentes etapas da fabricação da cerveja
- Importância da reutilização da levedura nas bateladas da produção

Recebido em
01/05/2020

Aprovado em
30/09/2020

Publicado em
25/11/2020



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas mais antigas e consumidas pela humanidade, ficando atrás apenas do café, do chá e do leite. É uma bebida obtida da fermentação do mosto, a partir da levedura *Saccharomyces*, com a junção do lúpulo, para agregar sabor e aroma. Sua produção envolve diversas etapas: a sanitização do material, a moagem do malte, a mosturação, a filtração, a fervura e tratamento do mosto, a fermentação, a maturação, e a carbonatação e envase, sendo a correta realização dessas etapas essencial para a produção de uma cerveja com qualidade (Venturini Filho, 2016).

As matérias-primas utilizadas na indústria cervejeira estão diretamente ligadas ao sabor; portanto, qualquer alteração na sua produção pode resultar em uma cerveja de sabor pouco agradável, sendo de suma importância que se tenha muito cuidado em sua produção (Eblinger & Narzib, 2012).

Atualmente, cepas de *Sacharomyces cerevisiae* são utilizadas nos processos de produção de cerveja, pois produzem fermentação mais rápida e confiável, além de evitarem contaminação microbiana. As leveduras vêm sendo reaproveitadas na produção da cerveja por muitas cervejarias, pelo fato de elas já serem comumente utilizadas com o mosto. Logo, sua fase de adaptação fica mais fácil. Além disso, os conhecimentos prévios sobre suas características, como tempo de fermentação e qualidade do produto final, ajudam a compreender o processo de reaproveitamento de um resíduo que, na grande maioria das vezes, é descartado pelo microcervejeiro (Sanderson et al., 2010).

Grande parte do fermento utilizado nas cervejarias brasileiras é proveniente de outros países, o que torna o processo de fabricação dispendioso para os cervejeiros nacionais. Dessa forma, cultivar a própria cepa é um método muito utilizado para reduzir custos e também porque já se tem conhecimento prévio das características dessa cepa, como, por exemplo, o tempo de fermentação, o sabor e o aroma (Bitencourt, 2018).

As análises da fabricação são de suma importância, tanto durante o processo de fabricação quanto depois do produto acabado. Durante o processo, é fundamental usar o teste do iodo para avaliar se todo o açúcar foi convertido. O iodo, na presença de maltose, muda de coloração para azul-escuro. Após a maturação, é essencial analisar o teor alcoólico, que vai determinar a porcentagem de álcool presente na amostra. Diacetil é um coproduto secretado da levedura que pode ocasionar um *off flavor* na cerveja, dando-lhe um gosto de manteiga, o que não convém. Análises da densidade, do pH, da cor, da turbidez e a contagem de células também auxiliam a verificar a qualidade da cerveja, além da viabilidade do fermento para a reutilização (Zenebon et al., 2008).

Dessa maneira, este artigo busca fazer uma revisão de literatura, explicitando o que é a cerveja, sua origem, sua fabricação, matérias-primas utilizadas no produto e as principais análises realizadas para atestar a qualidade do produto durante todo o processo, bem como garantir a qualidade final da cerveja.

REVISÃO DE LITERATURA

Cerveja

Os primeiros registros da fabricação de cerveja datam de 6 mil anos atrás, feitos pelos sumérios, povo da Mesopotâmia. Assim, a cerveja pode ser considerada uma das bebidas fermentadas mais antigas e consumidas mundialmente. Foi descoberta acidentalmente, quando se verificou que cereais fermentados resultavam em uma bebida de sabor agradável (Silva et al., 2017).

Conforme Cervesia (2015), inicialmente, a cerveja era produzida pelas mulheres, pois naquele tempo os homens não ficavam em casa cuidando da família ou cozinhando. A cerveja era servida todos os dias como desjejum para a família. Não sem razão, a deusa e mestre da cerveja, Ninkasi, é uma figura feminina.

Em 1516, o duque Guilherme IV promulgou a “lei da pureza alemã” (Reinheitsgebot), que determinava que a cerveja deveria ser produzida a partir de cevada, lúpulo e água. Posteriormente,

com a intenção de obter uma bebida de excelente qualidade, foi incrementada a levedura. A lei excluía a utilização de outros cereais, especiarias e ervas da época (Silva et al., 2016).

Conforme Abrahao (2017), as primeiras cervejas não tinham as mesmas características que as atuais. Eram produzidas por padeiros em virtude da natureza da matéria-prima. Apresentavam cores escuras, turvas, gosto amargo, teor alcoólico de 10%, possuíam baixo teor de gás carbônico e quase nada de espuma. Podiam ser feitas com diferentes tipos de cereais, como, por exemplo, trigo, sorgo e arroz, além da cevada. A essas cervejas também eram adicionadas uvas, tâmaras, mel e ervas, utilizadas para aumentar a produtividade e dar novo sabor e aroma à cerveja.

De acordo com o Decreto nº 6.871 (Brasil, 2009), a cerveja é produzida da fermentação do mosto cervejeiro proveniente do malte da cevada, com água potável, por incremento da levedura e da adição de lúpulo. No Brasil, o hábito de tomar cerveja iniciou-se com a chegada de D. João VI e da família real portuguesa à colônia. Nessa época, importava-se cerveja da Europa, e foi apenas em 1888 que se fundou, no Rio de Janeiro, a fábrica Cerveja Brahma Villiger & Cia. (Silva et al., 2016).

O Brasil atualmente é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, produzindo aproximadamente 139 milhões de hL/ano. De 2011 a 2015, houve um aumento de 17% no número de cervejarias artesanais no mercado. Considerando apenas o ano de 2017, houve um aumento de 37,7% na produção de cervejas, com o estabelecimento de 679 cervejarias, estando a maioria delas localizada no Sudeste e no Sul do Brasil (Sebrae, 2020).

Processo de fabricação

Conforme Venturini Filho & Cereda (2001), o processo de produção de cerveja pode ser dividido em: sanitização do material, moagem do malte, mosturação, filtração do mosto, fervura do mosto, tratamento do mosto, fermentação, maturação, carbonatação e envase, como pode ser observado na Figura 1

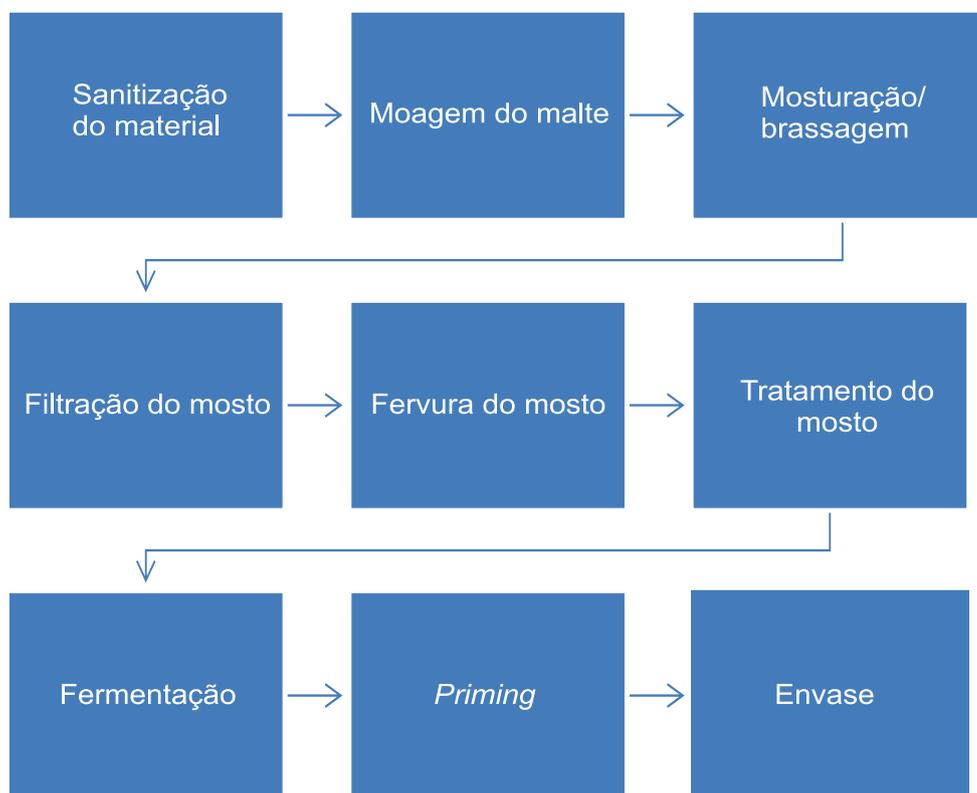


Figura 1. Fluxograma do processo de fabricação de cerveja.

Fonte: adaptado de Venturini Filho (2016, p.35).

Sanitização dos materiais

Para tentar evitar a contaminação no processo de fabricação da cerveja, é necessário que o material que vai ser utilizado passe por um procedimento de lavagem e, em seguida, seja feita a sanitização com hipoclorito de sódio (2%) ou iodo (12,5 g/mL) para a remoção de toda a impureza e também para evitar o crescimento de micro-organismos indesejados durante o processo. Nesse sentido, impurezas e micro-organismos indesejados devem ser totalmente retirados para evitar a contaminação da produção (Palmer, 2006).

Moagem do malte

A cerveja é produzida por meio da fermentação dos açúcares extraídos do malte, que é um produto resultante da germinação artificial e posterior dessecação da cevada. O grão do malte é triturado com o objetivo de romper sua casca, expondo, assim, o endosperma, que é a porção interna no grão. Em seguida, há a desintegração total do grão, o que proporciona a ativação das enzimas, que convertem suas reservas de amido e proteína em açúcares e aminoácidos (Palmer, 2006; Hughes, 2014).

Mosturação/brassagem

Conforme Silva et al. (2017), a mosturação é realizada após a adição do malte moído em água com uma temperatura controlada entre 60 °C e 65 °C para mostos mais fermentáveis e cervejas secas, e entre 67 °C e 72 °C para produzir açúcares não fermentáveis, conseqüentemente, cervejas mais encorpadas. A brassagem tem como objetivo converter o amido em açúcares fermentescíveis da ativação das enzimas, principalmente alfa e beta amilase, e solubilizar as substâncias do malte que se dissolvem facilmente em água. Com o auxílio das enzimas, a brassagem visa solubilizar as que não são solúveis, o que estimula a gamificação e posterior hidrólise do amido e dos açúcares. É de suma importância ressaltar que todo o processo enzimático depende da temperatura, do tempo, do grau de acidez, da concentração e da qualidade do malte, como também da constituição do processo da moagem (Messerschmidt, 2015).

O conhecimento sobre o tipo de cerveja desejado é de grande significância para determinar o tipo de mosturação, o tempo e a temperatura a ser utilizada durante a atuação enzimática, conseguindo-se, assim, uma quantidade de açúcares fermentáveis e a consistência da espuma ideal. A ação da enzima produz um mosto que pode conter de 70% a 80% de carboidratos fermentáveis, incluindo glicose, maltose e maltotriose (Venturini Filho & Cereda, 2001; Busch, 2015).

Conforme Costa et al. (2006), quando a temperatura da brassagem atinge 72 °C, é feito o teste de iodo 0,2 M, para verificar a sacarificação do malte. Após a confirmação completa da hidrólise do amido pela ausência da coloração roxo-azulada, o mosto passa por um processo denominado de *mashout*, que consiste em aquecer a mistura entre 75 °C e 79 °C e mantê-la nessa faixa por um período de 10 minutos, denominado de parada proteica. Essa etapa é muito importante, pois é nela que ocorre a inativação das enzimas e a redução da viscosidade do mosto, contribuindo para uma melhor extração dos açúcares durante o processo.

Filtração do mosto

Na etapa de filtração, é feita a lavagem do bagaço de malte com uma quantidade de água que varia de acordo com a quantidade de cerveja a ser produzida. Esta é denominada de água secundária, que fica em torno de 76 °C a 78 °C, com a finalidade de aumentar a extração de açúcares e, conseqüentemente, elevar o rendimento do processo, pois, sob temperaturas superiores, pode-se ocasionar a extração de taninos do bagaço do malte, o que resulta num sabor adstringente. Ademais, a alta temperatura pode vir a comprometer a turbidez da cerveja (Silva et al., 2017).

Fervura

Nessa etapa, é adicionado o lúpulo, que é submetido à fervura para se obter a inativação de enzimas, a esterilização do mosto, a coagulação proteica, a extração de componentes amargos e aromáticos do lúpulo e a evaporação da água de componentes, como dimetilsulfeto (DMS) e ésteres (Messerschmidt, 2015).

O mosto é mantido em fervura até atingir a concentração desejada de açúcar, o que ocorre entre 60 e 90 minutos. Deve ser feita a correção da densidade no início da fervura, que deve ser de 1,055 g/mL, pois, com a fervura, a água evapora, o que resulta em aumento significativo da densidade final do produto (Silva et al., 2017).

Whirlpool

O *whirlpool* é um procedimento que auxilia na decantação de algum material suspenso, como lúpulo e *trub* quente. Em seguida, deixa-se o material decantando por 90 minutos (Silva et al., 2017).

Fermentação

Após a decantação, o mosto é colocado no fermentador e posto para resfriar até que alcance a temperatura em torno de 12 °C a 14 °C para receita de baixa fermentação, e de 14 °C a 25 °C para receita de alta fermentação. Depois de atingir essa temperatura, acrescenta-se o fermento, para que ocorra o processo de fermentação. Esse processo é de suma importância. Nessa etapa, ocorre a conversão de açúcares em etanol e gás carbônico, pela levedura, em condições anaeróbicas, como pode ser acompanhado graficamente na Figura 2 (Sanderson et al., 2010).

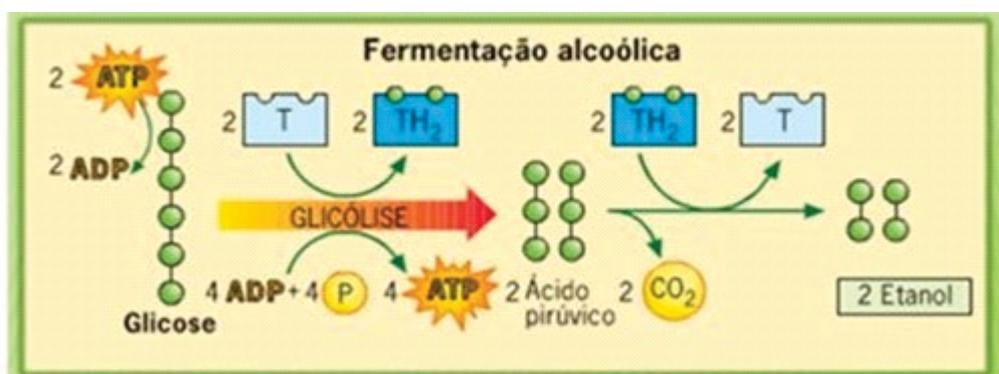


Figura 2. Reações enzimáticas pela fermentação alcoólica.

Fonte: Venturini Filho & Cereda (2001).

Conforme Venturini Filho & Cereda (2001), a levedura *Saccharomyces* é um micro-organismo aeróbio facultativo, isto é, que tem a habilidade de se ajustar metabolicamente, tanto em condições de aerobiose quanto de anaerobiose, ou seja, na presença ou ausência de oxigênio. Na presença de oxigênio, parte do açúcar é transformada em biomassa, gás carbônico e água, enquanto, na ausência de oxigênio, a maior parte é convertida em etanol e gás carbônico, o que se denomina de fermentação alcoólica.

O processo de aerobiose é energeticamente mais eficiente. Tem a finalidade de promover o crescimento e o reviramento do fermento. O processo anaeróbio tem a função de promover a transformação do mosto em cerveja, pela conversão do açúcar em etanol e gás carbônico. Justamente por isso, no processo de transferência para o fermentador, deve-se evitar, ao máximo, a entrada de oxigênio.

Priming e envase

Geralmente, após 6 dias de fermentação, o valor da densidade começa a se estabilizar, demorando em torno de dois dias para uma estabilização completa. Quando chega à estabilidade, inicia-se a fase de maturação, na qual, dependendo do estilo a ser produzido, faz-se necessário reduzir a temperatura de fermentação. Assim, a atividade das leveduras será diminuída.

Para cada estilo, tem-se um tempo de maturação, que geralmente é em torno de 10 dias para cervejas ale, de alta fermentação. A partir desse ponto, a cerveja está quase pronta para o envase, mas é preciso, antes, acrescentar o *priming*, que auxilia na carbonatação da cerveja, pois as leveduras residuais dão início a uma refermentação na garrafa, gerando gás carbônico (CO₂) e a consequente carbonatação da cerveja (Palmer, 2006).

Matérias-primas

Conforme a determinação da “lei de pureza alemã” (Reinheitsgebot), promulgada em 1516, para a fabricação da cerveja, devem ser permitidos três ingredientes: água, malte e lúpulo. A lei foi criada para evitar que a cerveja perdesse suas características e qualidade. Na época, a levedura não era conhecida; por isso, não era considerada. Nos dias atuais, a levedura foi incrementada, por facilitar o processo de fermentação. Dessa forma, a fórmula básica da produção de cerveja são esses ingredientes (Eblinger & Narzib, 2012; Rosa & Afonso, 2015).

Água

Segundo a Gasparotto (2015), 90% das cervejas são compostas de água, sendo imprescindível que esse recurso seja de boa qualidade. Portanto, é necessário ter alguns controles sobre a água, como: manter pH < 6, seguir os padrões de potabilidade, e controlar a concentração de cálcio (de 50 ppm a 150 ppm) e o teor de magnésio (de 10 ppm a 30 ppm). Valores superiores a 30 ppm podem resultar em uma cerveja com sabor adstringente ou amargo.

Um meio básico pode ocasionar a dissolução de materiais indesejados, existentes no malte e também na casca de cereais. Já um meio levemente ácido é o ideal, pois facilita a atividade enzimática, evita, durante a etapa de lavagem do bagaço do malte, a extração de taninos e, conseqüentemente, gera acréscimo ao rendimento na etapa de maltose e um maior teor alcoólico. De acordo com a Ambev (2011), o pH ideal da água para a realização da maioria dos estilos de cerveja deve ser menor que 6.

A concentração de cálcio permitida para o preparo de alimentos que serão ingeridos por humanos é de 50 mg/L a 150 mg/L (Silva et al., 2017). Na cerveja, o cálcio desempenha múltiplas funções no processo de fabricação, incluindo a redução de pH, tanto na mosturação quanto na fervura. O cálcio também auxilia na precipitação das proteínas durante a fervura, além de reforçar a estabilidade da cerveja.

Malte

Conforme Payá et al. (2019), o malte é produzido a partir da cevada. Após sua colheita, a cevada é armazenada sob condições favoráveis de temperatura (10 °C), para que o grão absorva toda a água necessária, sob umidade de 45%, para que, em seguida, o grão seja enviado para a indústria de transformação. Para que ocorra a modificação dos grãos de cevada em malte, é necessário que esses sejam colocados em condições favoráveis de germinação, controlando a temperatura, a aeração e a umidade, sem se esquecer de que se deve interromper o processo de germinação; caso contrário, uma nova planta pode se formar. Possuindo baixo teor de proteína e alto teor de amido, cerca de 80% da cevada produzida é destinada à produção cervejeira (De Mori & Minella, 2012).

Lúpulo

O lúpulo é conhecido cientificamente como *Humulus lupulus* (Almaguer et al., 2014). É uma planta dioica, ou seja, existem plantas machos e fêmeas, mas somente as flores fêmeas são utilizadas

por possuírem maior quantidade de óleos essenciais e resinas. O lúpulo possui uma forma cônica e um pó resinoso, em que se encontra grande parte das propriedades desejadas pelos cervejeiros (Ferreira & Benka, 2014; Wannemacher et al., 2018).

Os benefícios do lúpulo são conferir amargor, aroma e sabor à cerveja. Também tem ação bacteriostática, limitando a ação de micro-organismos indesejáveis (Lara, 2018). Os lúpulos de amargor são usados no processo de fervura para a extração desse aspecto. Já os que acrescentam aroma são utilizados como lúpulos de acabamento por serem voláteis, sendo adicionados ao mosto normalmente nos minutos finais da fervura, para garantir e conferir aroma à cerveja (Coutinho, 2011).

Os óleos essenciais são responsáveis pelo aroma de lúpulo da cerveja. Por serem muito voláteis e para evitar perdas, são acrescentados no processo de fabricação ao final da fervura. Já as resinas são divididas em alfa-ácido e beta-ácido, em que os alfa-ácidos contribuem para o amargor da cerveja e atuam como agentes bacteriostáticos, favorecendo a ação das leveduras e reduzindo a ação de alguns contaminantes (Horst & Salles, 2015).

Os ácidos são insolúveis em água, porém, quando estão em alta temperatura (76 °C), sofrem uma reação química chamada de isomerização, como pode ser visto na Figura 3. A reação modifica sua estrutura molecular, formando os iso-alfa-ácidos, tornando-os, assim, mais solúveis. Logo, quanto maior o tempo de fervura, maior a isomerização. Assim, quanto maior for a concentração de ácido-alfa que o lúpulo apresentar, maior será o amargor da bebida (Iannicelli, 2008; Ting & Ryder, 2017).

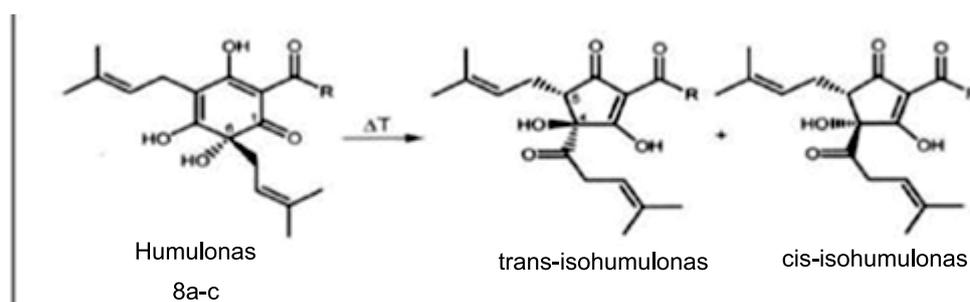


Figura 3. Isomerização do lúpulo.

Fonte: Puccinelli (2018).

Adjuntos

Adjuntos são carboidratos não maltados, como: arroz e milho, frutas, especiarias e cereais que possuem fontes de açúcares fermentáveis. São adicionados na preparação do mosto cervejeiro e, nesse processo, utilizam-se as enzimas do malte para hidrolisar o amido existente em açúcares fermentáveis. Deve-se tomar cuidado com a quantidade de adjunto colocada para evitar altas concentrações de glicose, o que pode inibir a fermentação (Pelczar et al., 1980; Guimarães, 2017).

Segundo Pinto et al. (2015), a utilização de frutas tropicais como adjunto no processo de fabricação da cerveja atende a uma necessidade de mercado, considerando a importância dessa bebida no Brasil. A influência das condições de produção sobre a qualidade tecnológica e a aceitação do produto, bem como o incremento da fruticultura no País, fizeram com que o desenvolvimento de cervejas com frutas tropicais ganhasse muita importância.

A produção de cerveja com a utilização de uma fruta incrementa, na bebida, certas características, como doçura residual, aroma e sabor cítrico característicos. Além disso, aumenta o caráter vinoso da cerveja por meio de uma maior gama de compostos aromáticos (Kunze, 2006; Guimarães, 2017).

Leveduras

Leveduras são micro-organismos vivos, unicelulares, pertencentes ao reino Fungi, não filamentosos, que possuem características esféricas ou ovais, com tamanho que pode variar entre 6 μm e 9 μm . Podem ser aeróbicas ou anaeróbicas facultativas. As leveduras mais utilizadas na fabricação de cerveja são as do gênero *Saccharomyces*, que são responsáveis por converter açúcares em etanol e gás carbônico, e dar sabor e aroma a qualquer cerveja (Tortora et al., 2012).

A reprodução que ocorre nas leveduras é chamada de gemulação. Esse tipo de reprodução ocorre em células assexuadas em que há a duplicação do material genético no núcleo da célula, assegurando, então, que as células-filha tenham exatamente as mesmas características das células-mãe. Após a duplicação, o núcleo-filho muda para a extremidade da célula, e será revestido pelo citoplasma, que dará origem a uma nova célula gêmula, a célula-filha. Com esse tipo de reprodução, que ocorre nos fermentadores de cerveja, torna-se possível recolher e utilizar as células de leveduras viáveis novamente em outras bateladas para a fermentação do mosto (Aquarone et al., 1983).

O gênero *Saccharomyces* apresenta diversas cepas capazes de produzir os metabólitos necessários para a fermentação, que são o etanol e o dióxido de carbono. Os dois tipos de cervejas mais consumidos, a do tipo lager e a ale, são fermentados com cepas *S. uvarum* e *S. cerevisiae*, respectivamente. Existem algumas diferenças bioquímicas entre elas, que estão analisadas na Tabela 1 (Palmer, 2006; Payá et al., 2019).

Conforme mostra a Tabela 1, que compara essas duas cepas de leveduras, as leveduras *S. uvarum* possuem genes MEL que produzem a enzima extracelular α -galactosidase (melibiase), que permite a utilização do dissacarídeo melibiose e não cresce em temperaturas superiores a 34 °C. Já as *S. cerevisiae* são isentas dessas enzimas, e suas cepas crescem com temperatura de 37 °C (Dragone & Silva, 2010).

Tabela 1. Diferenças entre *S. uvarum* e *S. Cerevisiae*.

<i>S. uvarum</i>	<i>S. cerevisiae</i>
Possui genes MEL	Isento de genes MEL
Não cresce com temperatura superior a 34 °C	Cresce com temperatura a 37 °C
Baixa fermentação	Alta fermentação
7 a 10 dias	3 a 5 dias
Temperatura de fermentação entre 7 °C e 13 °C	Temperatura de fermentação entre 15 °C e 24 °C
°C	°C

Fonte: Venturini Filho & Cereda (2001).

A cerveja do tipo lager é fabricada por leveduras de baixa fermentação, sob temperatura entre 7 °C e 15 °C. As leveduras floculam no final da fermentação, entre 20 e 30 dias, e são retiradas na base do fermentador. Já as cervejas do tipo ale são de alta fermentação, sob temperatura em torno de 15 °C a 24 °C no fim da fermentação, a qual dura de 3 a 5 dias. Nessa etapa, as células são adsorvidas nas bolhas de gás carbônico e são carregadas para a superfície do mosto, de onde são retiradas (Rebello, 2009).

O processo fermentativo é dividido em três partes: adaptação das leveduras (fase lag), fase exponencial (log) e fase estacionária, conforme mostra a Figura 4.

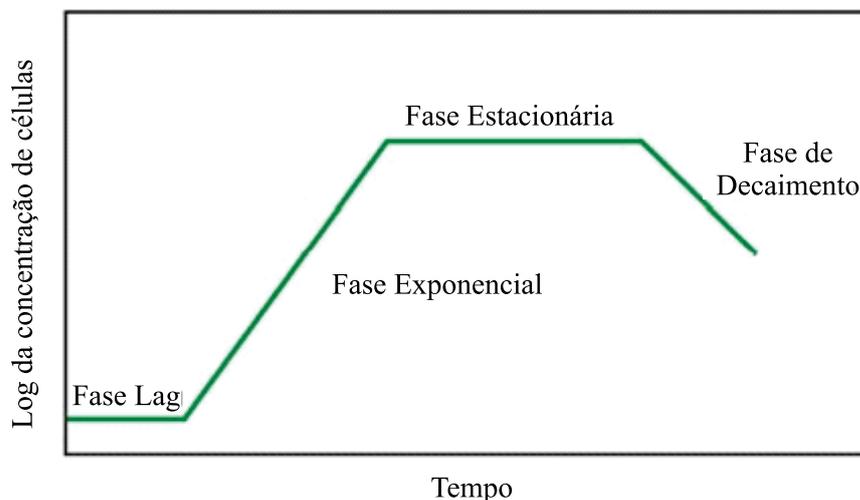


Figura 4. Curva de crescimento de levedura na etapa de fermentação.

Fonte: adaptado de Dragone & Silva (2010).

No início da fermentação, as leveduras passam por uma adaptação ao meio ambiente, denominada de fase lag. A partir daí, começa o ciclo celular. Essa é uma fase importante para a obtenção e a manutenção de leveduras saudáveis para a fermentação.

Nessa fase, é necessário que se tenha o controle de temperatura – para as leveduras de baixa fermentação, entre 7 °C e 13 °C; e para as de alta fermentação, entre 15 °C e 24 °C – e da taxa de inoculação. Temperaturas elevadas aglomeram mais células; logo há maior crescimento, o que resulta na possibilidade de precursores indesejáveis. No entanto, a taxa de inoculação alta, que promove um aumento na fermentação, ou baixa, que aumenta a fase lag, diminui a vitalidade da levedura (White & Zainasheff, 2010).

Durante a fase exponencial ou fase de crescimento, ocorre a conversão dos açúcares fermentáveis do mosto em álcool, gás carbônico e composto de sabor e aroma da cerveja. Para que as leveduras executem seu trabalho com eficiência, elas se multiplicam, utilizando, como energia, reservas de glicogênio. É na fase de crescimento que começa o consumo dos açúcares presentes no mosto, iniciando pelos açúcares simples, como frutose e glicose, e, posteriormente, pelos açúcares provenientes do malte, que são a maltose e a maltotriose (Silva et al., 2017).

Já na fase estacionária ou fermentação secundária, o crescimento da população reduz, pois já foi consumida a maioria dos açúcares. Concluída a atenuação, a atividade fermentativa diminui, e as leveduras já terão produzido todos os compostos de aromas e sabores da cerveja (Palmer, 2006).

Conforme Silva et al. (2017), o sabor específico de cada cerveja é determinado pelos produtos de excreção do processo fermentativo, sendo que esse sabor geralmente depende do balanço metabólico global do cultivo da levedura escolhida, que pode ser afetada pelo pH da fermentação, pelo tipo de cepa da levedura, pela temperatura, pelo tipo e pela concentração do mosto. Percebe-se, portanto, que o sabor e o aroma da cerveja estão diretamente ligados à levedura escolhida para se fabricar.

As leveduras, porém, podem gerar a turvação da cerveja, pois participam do processo fermentativo. Além da turvação, outras alterações podem ocorrer na cerveja, tais como alterações

referentes ao odor, fazendo com que a cerveja apresente cheiro de mel, o que geralmente é ocasionado por espécies dos gêneros *Acetobacter*, *Lactobacillus* e *Pediococcus*, odores estranhos e cheiro de frutas, que podem ser ocasionados por contaminação de leveduras. Podem, ainda, ocorrer alterações nas cervejas referentes ao sabor, quase sempre provocadas pela acidificação da bebida, em que pode ocorrer a oxidação do etanol, que se transforma em ácido acético (equações 1 e 2), geralmente pela ação de algumas bactérias (*Acetobacter*), além de sabor estranho, que geralmente é ocasionado pelas leveduras (Evangelista, 2005).



Na primeira reação, há a conversão da glicose em etanol e dióxido de carbono. Quando há a acidificação da bebida, o etanol reage com o oxigênio, ocorrendo uma oxidação e formando o ácido acético, mais conhecido como vinagre (Eq. 2).

Atualmente, cepas de *Saccharomyces cerevisiae* são utilizadas nos processos de produção de cerveja. Essas culturas são selecionadas tendo como base a característica de aperfeiçoar o processo e intensificar a qualidade da matéria-prima e, como consequência, um produto de melhor qualidade e de boa aceitabilidade. Além disso, *S. cerevisiae* são produtoras de etanol, mais tolerantes aos produtos da fermentação e mudanças de pH no decorrer do processo fermentativo (Duarte et al., 2010; Nachel, 2014).

Reaproveitamento das leveduras

A levedura é bem relevante para a indústria cervejeira. É a partir dela que ocorre a fermentação e se obtém o sabor e o aroma da cerveja. Dessa forma, as grandes cervejarias começaram a reaproveitar suas lamas cervejeiras em outras bateladas para não perderem a qualidade do seu produto. As cervejarias também investem em um diversificado processo para inocular cepas com qualidade determinada de leveduras, para se obter um bom produto final (Oliveira, 2011).

Para uma boa cerveja, necessita-se de uma excelente técnica de criação, manipulação e inoculação desses minúsculos seres vivos. Por se fazer tão importante na produção de uma boa cerveja, a levedura é tratada como um segredo nas grandes cervejarias, onde cepas estão sendo usadas há anos e produzindo excelentes cervejas (Bitencourt, 2018).

O reaproveitamento da levedura é uma prática comum entre os cervejeiros. É realizada após uma batelada de cerveja, em que não se teve nenhum problema aparente, na qual a biomassa será tratada e guardada para reutilização na próxima produção. As principais vantagens dessa reutilização são economia e ganho na qualidade. Isso porque as leveduras passam a ficar adaptadas ao meio durante o tempo de fermentação. Como desvantagem, tem-se a possibilidade de contaminação e, se tiver ocorrido algum problema na batelada primária, provavelmente acarretará uma perturbação na nova batelada, quando não é indicada a reutilização. Outro problema é que, após algumas gerações de vida, as leveduras podem começar a gerar o que é conhecido como *petits mutants*, que são células que sofrem mutações e passam a não trabalhar mais como se espera. Por isso, recomenda-se que se utilize a mesma levedura por no máximo duas ou três vezes e que depois seja descartada (Silva et al., 2017).

Segundo Melo et al. (2017), o reaproveitamento acontece após uma batelada de cerveja primária, a partir da qual é retirada a lama de levedura depositada no fundo do fermentador, seguindo-se da aferição de pH 4 e pH 5 para saber se há células viáveis no processo. Logo após, adiciona-se água destilada em igual proporção de volume da lama retirada para que ocorra a precipitação das leveduras inativas e das impurezas. As células viáveis são analisadas no microscópio para serem quantificadas,

sendo reutilizadas na fermentação do mosto em seguida. A partir daí, são realizados testes físico-químicos, como pH, sólidos totais, turbidez, densidade e determinação da quantidade de etanol, e microbiológicos, como vitalidade. Por fim, realizam-se testes sensoriais antes e após o envase para a verificação da eficiência quanto ao sabor.

De acordo com Suhre (2014) e Melo et al. (2017), o reaproveitamento da levedura reduz os gastos, tendo em vista que grande parte das leveduras utilizadas no Brasil vem de outros países, sem que se altere o sabor e o aroma.

Conforme Melo et al. (2017), nas fermentações que utilizam bateladas de alta fermentação, foram empregadas concentrações de levedura maiores. Com esse procedimento, as leveduras iniciaram a fermentação com maior velocidade e, a partir do sétimo dia, as fermentações mantiveram-se muito próximas umas das outras em relação às variáveis pH e densidade. Foram comparadas as três bateladas e verificou-se que não houve diferença significativa entre elas. Isso pode ter contribuído para que as fermentações com diferentes concentrações de leveduras, nas três bateladas, não apresentassem diferenças em relação à amostra-padrão: o número de ciclos de reaproveitamento das leveduras não ultrapassou 3, estando de acordo com Dragone & Silva (2010). Nessa perspectiva, é recomendado um ciclo fermentativo de 4. A partir desse número, as leveduras reproduzem-se, porém, perdem a eficácia na sintetização de etanóis e ácidos graxos. Nesse contexto, a quantidade de levedura deve estar nas concentrações ideais para a transformação do açúcar em álcool, e é preciso controlar a manipulação de todo o processo, desde a extração do malte. Conforme Palmer (2006), o pH do mosto deve se encontrar entre 5 e 5,5, em que ocorre o crescimento ideal da população de leveduras cervejeiras.

De acordo com Venturini Filho & Cereda (2001), em relação à densidade, os açúcares do mosto devem estar disponíveis para que a fermentação aconteça. Para isso, foi necessário fazer uso de insumos de qualidade e seguir os procedimentos de fabricação corretamente, respeitando o tempo, a temperatura e a maneira de manipular os equipamentos.

Taxa de inóculo

A taxa de inóculo é de suma importância no processo de fabricação de cervejas, pois, se ocorrer uma inoculação inadequada, poderá comprometer a fermentação, contribuindo para a formação excessiva de alguns subprodutos, como ésteres, acetaldeído, diacetil e álcoois superiores, correndo-se riscos de aumentar a contaminação, o que poderá ocasionar, também, uma baixa atenuação na cerveja (Horst & Salles, 2015).

Conforme Silva et al. (2017), a equação 3 leva em consideração o tipo de levedura inoculada, o volume do mosto a ser fermentado e sua densidade.

Taxa de inóculo para *Saccharomyces cerevisiae*:

$$\text{Células} = 7,5.108 \times \text{volume do mosto (L)} \times \text{quantidade de açúcar (}^\circ\text{ Plato)} \quad (\text{Eq. 3})$$

A quantidade de açúcar é determinada pela densidade específica (SG). Utiliza-se a tabela referente à Tabela 2, de Plato, para SG, em que SG é a densidade relativa que se obtém pela razão entre a massa específica do líquido e a massa específica da água. É comum o cervejeiro se deparar com valores de densidade em graus Plato ($^\circ\text{P}$), Brix ($^\circ\text{Bx}$) ou até mesmo a escala precursora de graus Balling. Essas escalas possuem valores muito próximos, diferenciando-se apenas por pequenas correções de cálculo, e significam a fração mássica de açúcar diluído no mosto, em termos percentuais (Silva et al., 2017).

Tabela 2. Tabela da densidade do mosto fermentado.

°P	SG	V (ml/g)	A (%) (%)	dv (g/100ml)	dv/ °P (g/100ml °P)
0	1,000	1,000	1,00	0,00	N/A
2	1,008	0,992	98	1,23	0,614
4	1,016	0,985	96	2,46	0,615
6	1,024	0,977	94	3,69	0,615
8	1,032	0,969	92	4,92	0,615
10	1,040	0,962	90	6,15	0,615
12	1,048	0,954	88	7,39	0,616
14	1,057	0,946	86	8,62	0,616
16	1,065	0,939	84	9,86	0,616
18	1,074	0,931	82	11,10	0,617
20	1,083	0,923	80	12,34	0,617

Fonte: [Faller Cerveja Artesanal \(2017\)](#).

A correlação entre °P e SG é dada pelas tabelas da American Society of Brewing Chemists (ASBC), e as tabelas de conversão entre °Bx e SG são dadas pelo National Institute of Standards and Technology (Nist).

Para o processo de inoculação e reinoculação, é preciso saber a temperatura certa do mosto, porque temperaturas superiores a 25°C podem matar as leveduras. Por isso, o ideal é que ocorra a inoculação a uma temperatura de 1°C a 2°C abaixo do que deve ficar. Para leveduras de alta fermentação, o ideal é inocular a 19°C . No início da fermentação, acontece a maior produção dos subprodutos, como diacetil e ésteres (Silva et al., 2017).

Análises físico-químicas e microbiológicas

Conforme Zenebon et al. (2008), todas as análises são realizadas na amostra descarbonatada. São realizados testes de teor alcoólico, diacetil, pH, densidade, contagem das células, turbidez e cor.

Teor alcoólico

A quantidade de álcool varia conforme o estilo de cerveja. A fermentação alcoólica é obtida por um processo bioquímico, por meio da ação de um micro-organismo que utiliza açúcares para seu crescimento. Os micro-organismos convertem o açúcar por um mecanismo enzimático que catalisa a glicose e a converte em álcool e gás carbônico. Conforme o Decreto nº 6.871 (Brasil, 2009), para cerveja fermentada com adição de fruta, o teor alcoólico deve ficar em torno de $4\%v/v$ a $14\%v/v$. Há vários métodos de realizar o teste de teor alcoólico, como: a diferença entre as densidades do início e do final da fermentação, por destilação e por cromatografia gasosa, que é o método mais eficaz.

Diacetil

Conforme Bamforth (2009), ao longo da fermentação, há a produção de gás carbônico, álcool e algumas substâncias voláteis, sendo uma delas as dicetonas vicinais. Um dos compostos gerados pelas dicetonas é o diacetil, ou 2,3-butanodiona.

O diacetil é uma substância descartada pelas leveduras como subproduto em uma de suas vias metabólicas necessárias para o crescimento celular. Porém, ele agrega à cerveja um sabor e aroma indesejáveis de manteiga. Na fermentação secundária, as leveduras reabsorvem esse composto, mas, para isso, elas necessitam estar saudáveis. No caso de reaproveitamento, com o passar do tempo, as leveduras vão perdendo essa eficiência, e o valor de diacetil vai aumentando no decorrer das bateladas realizadas, podendo ultrapassar o que é típico da cerveja, que é de 0,01 mg/L a 0,1 mg/L (White & Zainasheff, 2010).

O diacetil é um subproduto da biossíntese da valina. A formação do diacetil está relacionada com os teores de aminoácidos livres no mosto e o espectro de aminoácidos. O composto primordial que envolve a sua formação é o alfa-acetolactato. Quanto maiores forem os teores de FAN (do inglês *free amino nitrogen*, que, em termos práticos, é o teor de aminoácidos livres no mosto), maiores serão os teores de diacetil (Dinslaken, 2016).

O excesso do composto excretado pela célula no mosto é convertido em diacetil por meio de reações químicas de oxidação, num processo independente da levedura, que é favorecido por pH mais baixo e temperaturas elevadas. O diacetil, então, é reabsorvido pela célula da levedura, que o converte em acetoína e butano-2,3-diol, em reações envolvendo NADH, um carreador de elétrons envolvido nas reações de oxirredução das vias metabólicas de geração de energia para a célula. Como consequência, o NADH volta à forma de NAD, que é importante para a manutenção do equilíbrio redox da célula. Dessa maneira, a célula torna-se capaz de transportar elétrons entre as substâncias envolvidas em seu metabolismo de geração de energia. Isso quer dizer que, ao final da fermentação, o teor de diacetil é reduzido e convertido em substâncias que não possuem aroma e sabor tão intensos, de modo que sua presença na cerveja possa ser bem tolerada (Dinslaken, 2016).

Existem duas maneiras de fazer análise de diacetil: por cromatografia ou por espectroscopia. Utiliza-se com mais frequência o espectro, devido ao fato de os valores serem muito pequenos; no cromatógrafo, podem ser confundidos com o etanol (White & Zainasheff, 2010).

pH

O pH indica se o meio é ácido ou básico e é aferido utilizando-se o pHmetro, que determina de forma direta e simples o valor de pH (Iannicelli, 2008). A precisão do pH em bebidas é um grande fator, pois exerce influência direta sobre o crescimento e a destruição de micro-organismos. As leveduras são mais tolerantes a valores de pH mais baixos, que ficam em torno de 3,8 a 4,7 (Sleiman & Venturini Filho, 2004).

Densidade

A densidade de uma amostra reflete a influência líquida dos materiais dissolvidos, porque açúcares e ácidos são mais pesados que a água, enquanto o álcool é mais leve que a água (Bitencourt, 2018).

A densidade é determinada pela razão da massa (m) que um corpo ocupa pelo seu volume (v), conforme a equação 4. É importante que os valores fiquem dentro das especificações 1,007 g/mL e 1,022 g/mL:

$$D = \frac{n \text{ (g)}}{V \text{ (mg)}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Pode ser determinada por picnômetro ou por densímetro, sendo mais usual e preciso o picnômetro (Iannicelli, 2008).

Cor

Conforme Muxel (2016), a cor da cerveja depende da seleção de maltes utilizados no processo de produção e fabricação da cerveja. Nos dias atuais, há duas escalas que preconizam a cor: a escala Standard Research Method (SRM) nos EUA, e a European Brewery Convention (EBC) na Europa.

Para determinar a cor da cerveja, a escala mais utilizada é a escala SRM. O procedimento consiste na quantidade de luz que incide em uma cubeta contendo 1 cm da amostra, analisada no espectrofotômetro, com o comprimento de onda selecionado em 430 nm. Utiliza-se este comprimento de onda porque a escala SRM é igual a 10 vezes a atenuação da luz monocromática de 430 nm (Rosa & Afonso, 2015). A absorvância é dada pela intensidade do feixe de luz que incide no feixe de saída; com base nisso, obtêm-se os valores encontrados de absorvância pelo espectrofotômetro. Logo, a conversão é dada pela equação 5 (Muxel, 2016).

$$\text{SRM} = 12,7 \times D \times A_{430} \quad (\text{Eq. 5})$$

em que:

D é o fator de diluição (D = 1 para cerveja sem diluição; e D = 2 para cerveja diluída). A é a absorvância lida pelo espectrofotômetro.

A Figura 5 mostra aproximadamente as tonalidades tanto para a escala SRM quanto para a EBC.

MACRO DIVISÃO	SRM	TONALIDADE	EBC	CLASSIF.**
Palha	2 - 3		3,94 - 5,91	Cerveja Clara até 20 EBC
Amarelo	3 - 4		5,91 - 7,88	
Ouro	4 - 5		7,88 - 9,85	
Âmbar	6 - 9		11,82 - 17,73	
Profundo âmbar / cobre luz	10 - 14		19,70 - 27,58	
Cobre	14 - 17		27,58 - 33,49	Cerveja Escuro ≥ 20 EBC
Profundo cobre/castanho claro	17 - 18		33,49 - 35,46	
Castanho	19 - 22		37,43 - 43,34	
Castanho Escuro	22 - 30		43,34 - 59,10	
Castanho muito escuro	30 - 35		59,10 - 68,95	
Preto	35 +		68,95 - 78,80	
Preto opaco	40+		>78,80	

Figura 6. Tonalidades de cores SRM e EBC.

Fonte: O Caneco (2016).

CONTAGEM DAS CÉLULAS

A contagem das células é realizada pela câmara de Neubauer. Para saber quanto à viabilidade das células, elas são diluídas em azul de metileno (0,25%) e, com a micropipeta, verificam-se as que absorvem o azul de metileno. As que absorvem são inviáveis; as que não absorvem são viáveis. Faz-se a contagem e, em seguida, utiliza-se a equação 6 (Suhre, 2014).

$$\text{Células viáveis} = \frac{\text{Células}}{\text{número de quadrantes}} \times 10.000 \times \text{FD} \quad (\text{Eq. 6})$$

em que:

FD: é o fator de diluição.

Após a contagem, que deve ser expressa acima de 10⁶ g/mL, verifica-se a viabilidade da aplicação em um novo mosto.

ANÁLISE SENSORIAL

De acordo com Dutcosky (2011), a análise sensorial tem o intuito de provocar, medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas características dos alimentos sólidos e das bebidas, que são percebidas pelos órgãos da visão, do olfato, do paladar, do tato e da audição.

Tudo isso é definido em testes que têm como objetivo avaliar as respostas de acordo com a preferência e a aceitação do consumidor e se ocorre algum tipo de diferença perceptível entre as amostras. Além disso, a análise descritiva quantitativa proporciona uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais; para isso, é preciso proceder à aplicação do perfil descritivo, que consiste em recrutar a equipe, desenvolver os treinamentos, avaliar o desempenho da equipe e o desenvolvimento da ficha consensual e, em seguida, proceder à avaliação e à análise descritiva (Bortoli et al., 2013; Andrade et al., 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão de literatura mostrou que a cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais antigas entre as consumidas pela humanidade, sendo atualmente encontrada na mesa de boa parte dos brasileiros. Essa bebida é composta por quatro ingredientes essenciais – malte, lúpulo, água e levedura –, podendo ser ainda adicionados adjuntos, como arroz, milho, frutas, especiarias e cereais que possuem fontes de açúcares fermentáveis. Existem atualmente muitos estudos que definem as características ideais dessa bebida, como o teor alcoólico, a quantidade de lúpulo necessário para não ficar amarga e a textura da espuma. Por fim, este estudo promoveu um breve histórico sobre a inserção da cerveja no Brasil, abordou as principais etapas no processo de fabricação da cerveja, as matérias-primas utilizadas, o reaproveitamento das leveduras e as análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais realizadas para a produção de uma cerveja com boa qualidade.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAO, A. **A história da cerveja**: o papel da cerveja na história. 2017. Disponível em: <<https://www.uppermag.com/historia-da-cerveja/>>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- ALMAGUER, C.; SCHÖNBERGER, C.; GASTL, M.; ARENDT, E.K.; BECKER, T. *Humulus lupulus – a story that begs to be told*: a review. **Journal of Institute of Brewing**, v.120, p.289-314, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.160>.

- AMBEV. **Programa de formação técnica cervejeira**. Jacareí: Ambev, 2011. Disponível em: <<https://www.ambev.com.br/conhecimentocervejeiro/pt-br/>>. Acesso em: 1 abr. 2020.
- ANDRADE, A.W.L.; LIMA, E.F.B.; MEIRELLES, L.M.A. Avaliação da rotulagem e qualidade de diferentes marcas de cerveja tipo pilsen. **Revista Interdisciplinar**, v.9, p.49-56, 2016.
- AQUARONE, E.; LIMA, U. de A.; BORZANI, W. (Coord.). **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983. (Biotecnologia, 5).
- BAMFORTH, E.W. (Ed.). **Beer: a quality perspective**. Amsterdam: Academic Press, 2009. (Handbook of Alcoholic Beverages). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=2UqCFxskEnMC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 26 set. 2020.
- BITENCOURT, F.S. **Reaproveitamento de levedura no processo produtivo de cerveja artesanal: comparação do decaimento do teor alcoólico**. 2018. 43p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Centro Universitário de Formiga, Formiga.
- BORTOLI, D.A. da S.; SANTOS, F. dos; STOCCO, N.M.; ORELLI JR., A.; TOM, A.; NEME, F.F.; NASCIMENTO, D.D do. Leveduras e produção de cerveja - Revisão. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v.3, p.45-58, 2013.
- BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm>. Acesso em: 8 abr. 2020.
- BUSCH, J. **More Beer**. 2015. Disponível em: <<https://www.morebeer.com/articles/advancedmasching>>. Acesso em: 8 mar. 2020.
- CERVESIA. **Tecnologia Cervejeira**. 2015. Disponível em: <<http://www.cervesia.com.br>>. Acesso em: 12 maio 2018.
- COSTA, G.E. de A.; QUEIROZ-MONICI, K. da S.; REIS, S.M.P.M.; OLIVEIRA, A.C. de. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v.94, p.327-330, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.020>.
- COUTINHO, C.A.T. **História da cerveja no Brasil**. 2011. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/historia-geral/historia-da-cerveja-no-brasil>>. Acesso em: 28 set. 2020.
- DE MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. (Embrapa Trigo. Documentos online, 139). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.htm>. Acesso em: 25 abr. 2020.
- DINSLAKEN, D. **Diacetil – Série Off Flavours (falhas na cerveja)**. [2016]. Disponível em: <<https://concerveja.com.br/diacetil/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- DRAGONE, G.; SILVA, J.B.A. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 2010. v.1, cap.2, p.15-48.
- DUARTE, W.F.; DRAGONE, G.; DIAS, D.R.; OLIVEIRA, J.M.; TEIXEIRA, J.A.; SILVA, J.B.A. e; SCHWAN, R.F. Fermentative behavior of *Saccharomyces* strains during microvinification of raspberry juice (*Rubus idaeus* L.). **International Journal of Food Microbiology**, v.143, p.173-182, 2010.
- DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 2.ed. Curitiba: Champagnat, 2011.
- EBLINGER, H.M.; NARZIB, L. Beer. In: ULLMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH, 2012.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2005. v.5, p.177-220.
- FALLER CERVEJAARTESANAL. **Densidade do mosto não fermentado**. 2017. Disponível em: <<http://cervejafaller.com/2017/05/29/densidade-do-mosto-nao-fermentado/>>. Acesso em: 8 jun. 2018.
- FERREIRA, A. de S. BENKA, C.L. **Produção de cerveja artesanal a partir de malte germinado pelo método convencional e tempo reduzido de germinação**. 2014. 42p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão.
- GASPAROTTO, D. **A parte indigesta da produção, distribuição e comercialização de cervejas artesanais no Brasil**. 2015. Disponível em: <<https://dgasparottojr.jusbrasil.com.br/artigos/198774038/a-parte-indigesta-da-producao-distribuicao-e-comercializacao-de-cervejas-artesanais-no-brasil>>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- GUIMARÃES, B.P. **Influências do uso de flocos de milho e arroz como adjuntos no processo cervejeiro**. 2017. 66p. Monografia (Graduação) - Universidade de Brasília, Brasília.
- HORST, G.B.; SALLES, L.B. **Avaliação da eficiência da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (W-34/70) reaproveitada na produção de cerveja**. 2015. 30p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.
- HUGHES, G. **Cerveja feita em casa: tudo sobre os ingredientes, os equipamentos e as técnicas para produzir a bebida em vários estilos**. São Paulo: Publifolha, 2014.
- IANNICELLI, A.L. **Reaproveitamento energético do biogás de uma indústria cervejeira**. 2008. 83p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Taubaté, Taubaté.

- KUNZE, W.L. La cerveza terminada. In: KUNZE, W. **Tecnología para cerveceros y malteros**. Berlin: VLB Berlin, 2006. Cap.7, p.826-885.
- LARA, C. **Cerveja artesanal: tudo que você precisa saber a respeito**. 2018. Disponível em: <hominilupulo.com.br/cevijas-caseiras/artigos/ceveja-artesanal/>. Acesso em: 2 mar. 2020.
- MELO, H.H.A. de; DUARTE, F.C.; CARDOZO, R.M.D.; RIBEIRO, F.M.; OLIVEIRA, M. de; OLIVEIRA, A.R.G. de. Estudo de diferentes concentrações de leveduras reaproveitadas para produção de cerveja artesanal “Pale Ale”. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFNMG, 6., 2017, Almenara. **Anais**. Almenara: IFNMG, 2017. Disponível em: <https://even3.azureedge.net/anais/45970.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2020.
- MESSERSCHMIDT, P.H.Z. **Sistematização de conhecimentos para o projeto de fermentadores de cerveja**. 2015.78p. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- MUXEL, A.A. **A química da cor da cerveja**. 2016. Disponível em: <https://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2016/10/A-Qu%C3%ADmica-da-cor-da-erveja_3.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- NACHEL, M. **Cerveja para leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2014.
- O CANECO. **[Tonalidades de cores SRM e EBC]**. [2016]. Disponível em: <http://www.ocaneco.com.br/wp-content/uploads/2016/04/tonalidades.jpg>. Acesso em: 26 set. 2020.
- OLIVEIRA, N.A.M. de. **Leveduras utilizadas no processo de fabricação da cerveja**. 2011. 45p. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PALMER, J.J. **How to brew: everything you need to know to brew beer right the first time**. 3rd ed. Boulder: Brewers Publications, 2006. 330p.
- PAYÁ, A.L.; GARCIA, L.; CUNHA, M.D.C. da; CRESPI, N.M.; ANGELIS, V.C. de; LEONI, J.N. de; MORAES, P.A.V. de. Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de aveia (*Avena sativa*). **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v.4, p.52-66, 2019.
- PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E.C.S. **Microbiologia**. São Paulo: McGraw-Hill, 1980. v.1.
- PINTO, L.I.F.; ZAMBELLI, R.A.; SANTOS JÚNIOR, E.C. dos; PONTES, D.F. Desenvolvimento de cerveja artesanal com acerola (*Malpighia emarginata* DC) e abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, p.67-71, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i4.3416>.
- PUCCINELLI, F. **Especial de lúpulo - Lightstruck**. 2018. Disponível em: <https://www.lamasbrewshop.com.br/blog/2018/07/lightstruck.html>. Acesso em: 28 set. 2020.
- REBELLO, F.D.F.P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, v.1, p.145-155, 2009. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v1n32009224>.
- ROSA, N.A.; AFONSO, J.C. A química da cerveja. **Química Nova na Escola**, v.37, p.98-105, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20150030>.
- SANDERSON, K.; ORIENTE, A.; BOLDO, E.M. Controle estatístico da etapa fermentativa no processo de produção da cerveja. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v.3, p.73-84, 2010.
- SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Potencial de consumo de cervejas no Brasil**. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/boletim-potencial-de-consumo-de-ervejas-no-brasil/>. Acesso em: 21 mar. 2020.
- SILVA, H.S.; LEITE, M.A.; PAULA, A.R.V. de. Cerveja e sociedade. **Contextos da Alimentação - Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**, v.4, p.85-91, 2016.
- SILVA, M.I. da; SILVA, G.R. da; ALVES, J.E. de A.; MARTINS, J.N. Caracterização físico-química da polpa de umbu in natura. In: REUNIÃO REGIONAL DA SBPC NO CARIRI, 2017, Crato. **Território, biodiversidade, cultura, ciência e desenvolvimento: resumos**. Crato: SBPC, 2017.
- SLEIMAN, M.; VENTURINI FILHO, W.G. Utilização de extratos de malte na fabricação de cerveja: avaliação físico-química e sensorial. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.7, p.145-153, 2004.
- SUHRE, T. **Controle de qualidade em microcervejarias: avaliação da viabilidade, vitalidade e contaminantes em leveduras cervejeiras**. 2014. 48p. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- TING, P.L.; RYDER, D.S. The bitter, twisted truth of the hop: 50 years of hop chemistry. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v.75, p.161-180, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-3638-01>.
- TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia**. 10.ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2016. v.1, 576p.
- VENTURINI FILHO, W.G.; CEREDA, M.P. Cerveja. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. de A. (Coord.). **Biotechnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. Cap.4, p.91-144. (Biotechnologia Industrial, v.4).

WANNENMACHER, J.; GASTL, M.; BECKER, T. Phenolic substances in beer: structural diversity, reactive potential and relevance for brewing process and beer quality. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.17, p.953-988, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12352>.

WHITE, C.; ZAINASHEFF, J. **Yeast: the practical guide to beer fermentation**. Boulder: Brewers Publications, 2010.

ZENEON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008. 1020p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/edicionplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf?attach=true>. Acesso em: 1 abr. 2020.
