

Produção de malte de milho (*Zea mays*) como ingrediente na cerveja artesanal

Ermelindo de Souza Silva Neto

Milena Dias Poças

Cláudio Takeo Ueno

Jefferson Sussumu de Aguiar

Hachiya

Marcelo Estevam

Paulo De Tarso Carvalho

Lyssa Setsuko Sakanaka

1 Introdução

Em se tratando de agronegócio, o Brasil é destaque mundial, principalmente na produção de grãos. O país ocupa a terceira posição na produção mundial de milho, sendo que na safra de 2014/2015 foram colhidas 84,6 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2016). Para o bom desenvolvimento de uma atividade econômica, é necessário que haja sucessivos avanços em novas tecnologias, tendo como foco a produtividade e também a agregação de valor à cadeia produtiva (OLIVEIRA, 2014). Atualmente, a maior parte da produção nacional de milho tem sido direcionada para a produção de rações animais de bovinos, suínos e aves. Os dados indicam que a produção de ração animal consome aproximadamente 70% do total produzido mundialmente e, em países desenvolvidos, este valor pode chegar a 85%, sendo que a quantidade destinada ao consumo humano, quer seja de forma direta ou indireta, é de aproximadamente 15% (PAES, 2006).

Dentre outras aplicações, destaca-se a utilização de *grits* de milho pelas grandes cervejarias nacionais, que o utilizam como adjunto amiláceo na produção de cerveja, sendo estes, juntamente com grãos de arroz, os principais adjuntos utilizados pela indústria cervejeira na elaboração de seus produtos (VENTURINI FILHO; CEREDA, 2001).

Os ingredientes básicos para a produção de cerveja são o malte, a água, o lúpulo e a levedura. Apesar de alguns cervejeiros serem mais flexíveis e acabarem optando pela adição de outros ingredientes, algumas indústrias cervejeiras ainda mantêm a tradição de uso dos quatro ingredientes apenas. No entanto, a legis-

lação brasileira permite a substituição de parte do malte de cevada por outros cereais, maltados ou não, como o milho, e também por outros carboidratos de origem vegetal, que são conhecidos como adjuntos (DRAGONE; SILVA, 2010).

De acordo com a instrução normativa n. 11, de 13 de março de 2013, emitida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2013, p. 5) considera-se: “I – malte de cevada ou cevada malteada: o produto resultante da germinação forçada e controlada, sob condições especiais de umidade e temperatura da cevada do gênero *Hordeum* spp., e posterior secagem”.

A instrução normativa n. 54 do MAPA, por sua vez, descreve adjuntos cervejeiros como (BRASIL, 2001, p. 43):

Entende-se por adjuntos cervejeiros as matérias-primas que substituam parcialmente o malte ou o extrato de malte na elaboração da cerveja. Seu emprego não poderá; em seu conjunto, ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo. Consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira e os cereais, mateados ou não malteados, aptos para o consumo humano [...].

O processo de maltagem tem como objetivo ativar as enzimas disponíveis nos grãos, aumentando assim seu poder diastásico. No processo de mosturação, essas enzimas irão promover as reações de quebra das macromoléculas (amido, proteínas, glucanas etc.), garantindo maiores teores de extrato.

O milho pode ser utilizado para a produção de cerveja de forma a obter um produto com qualidade sensorial satisfatória. Não há, entretanto, uso de malte de milho. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal realizar o processo de maltagem do milho para utilizar este malte na produção de cerveja artesanal, verificando a influência deste nas características físico-químicas e sensoriais do produto final.

2 Milho

O milho é o mais importante cereal das Américas. Há registros de sua origem há 5 mil anos antes de Cristo no Vale do Tehuacan – México (JOHNSON, 2000). Seus grãos são compostos pelo gérmen, endosperma, pedicelo e pericarpo. A composição do grão é de 76% de carboidratos, 9,5% de proteínas, 4% de lipídeos e 9% de fibras. Cada parte do grão é composta por quantidades variadas destas frações, sendo que o endosperma é composto por aproximadamente 90% de amido (KULP; PONTE JR, 2000). O amido é utilizado como principal reserva de energia pelas plantas, sendo descrito como um polissacarídeo que apresenta uma elevada massa molecular. Os grânulos de amido são constituídos basicamente por dois polissacarídeos: amilopectina e amilose. As amiloses são polímeros lineares, a

amilopectina, por sua vez, são polímeros ramificados. O grão de milho apresenta aproximadamente 71% de amido (ORDÓNEZ, 2005).

A indústria cervejeira comumente utiliza o milho como adjunto na sua produção, no entanto utiliza-o na forma de carboidratos não maltados, utilizando-se das enzimas do malte (alfa e beta amilases) para hidrolisar o amido que há no milho em açúcares fermentescíveis (DRAGONE; SILVA, 2010). De acordo com estes mesmos autores, as enzimas contidas no malte são suficientes para hidrolisar o amido nele existente e ainda mais 50% do peso do malte, sendo que acima deste limite se faz necessário a adição de enzimas suplementares.

O amido não é passível de sofrer fermentação diretamente, necessitando uma prévia hidrólise do amido, que pode ser realizada utilizando-se de compostos ácidos (hidrólise ácida) ou com a utilização de enzimas especializadas (hidrólise enzimática). Este processo de hidrólise do amido pode ser também chamado de sacarificação (EVANGELISTA et al., 2005).

2.1 Processo de maltagem

Mundialmente utiliza-se a cevada como matéria-prima para a produção do malte. A cevada é uma cultura muito antiga, sendo encontrada em sítios pré-históricos nas planícies do rio Nilo (Egito) que datam de cerca de 4.000 a.C. (BRESCIANI, 1998). A cevada é uma gramínea pertencente ao gênero *Hordeum*, sendo que existem dois tipos de cevadas que são utilizadas: as cevadas hexásticas e as dísticas. A primeira é menos rica em amido, porém com uma carga enzimática mais elevada, e a segunda, mais rica em amido (MARTINS; RODRIGUES, 2015).

A maltagem ou malteação é o processo em que o grão é transformado em um malte para posteriormente ser utilizado na fabricação de cerveja. Esse processo é dividido em seis etapas que compreendem: limpeza e classificação do grão; maceação; germinação; secagem e crivagem (SENAI, 2014).

O processo de limpeza consiste em separar do grão qualquer sujidade ou partícula estranha de modo que se obtenham grãos uniformes, garantindo uma germinação uniforme e um malte com qualidade (SENAI, 2014). Na etapa de maceração, a embebição do grão em água permite que os processos metabólicos responsáveis por levar ao crescimento do embrião sejam ativados, ocasionando a germinação, etapa em que emergirão as radículas. A absorção de água nesta fase é acentuada devido ao crescimento embrionário. Ao atingir um volume de água no interior do grão em torno de 20%, inicia-se rapidamente a intensificação na atividade respiratória deste mesmo grão, ativando várias rotas e ciclos bioquímicos, como o ciclo do ácido cítrico – Krebs. Temperaturas mais baixas retardam a taxa de respiração, mas não a ponto de comprometer o padrão germinativo. A partir da protusão da radícula, pode-se considerar um ponto sem retorno para

o grão e, deste momento em diante, não há mais a possibilidade de secagem do grão para armazenamento ou posterior germinação, visto que a semente está toda comprometida com o processo de germinação atual (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004). A maceração tem o objetivo de aumentar a umidade do grão, podendo atingir até 47% de umidade. Utiliza-se água com injeção de ar na imersão a fim de evitar a asfixia do grão, pela falta de oxigênio. Uma alternativa à injeção de ar na água é alternar os períodos de imersão com períodos de drenagem, escoando toda a água e ventilando o grão para extrair o dióxido de carbono formado. Além de elevar a umidade do grão, a maceração tem o objetivo de lavar os grãos, remover a sujeira, fornecendo oxigênio para o embrião, e remover inibidores de crescimento (SENAI, 2014).

O processo de maltagem é um procedimento onde ocorrerá a germinação controlada dos grãos com o intuito de ativar as enzimas presentes nestes grãos e conseguir uma estabilização e uma coloração adequada. A maneira como este malte é trabalhado propiciará a formação de tipos diferentes de malte, tanto no que tange à cor como ao complexo enzimático em atividade (MARTINS; RODRIGUES, 2015). Existe uma grande variedade de grãos que permite a malteação e, para distingui-los, convencionou-se chamar de malte a matéria-prima oriunda da cevada, e os demais deverão ser precedidos da frase “malte de”, seguido do nome do grão que foi maltado (BRASIL, 2001). Como o grão produz dióxido de carbono pela respiração, o processo de germinação deve ocorrer com ventilação e revolvimento do grão, eliminando o CO_2 produzido e mantendo sua umidade. É nessa etapa que todos os processos enzimáticos são ativados (SENAI, 2014).

No processo de secagem, devem-se preservar as enzimas do grão, e é neste processo que vários aromas e sabores são incorporados ao malte. O controle da temperatura a qual é submetido o grão levará a diferentes características no aroma.

2.2 Enzimas

As enzimas são proteínas que possuem uma estrutura especial com potencial para acelerar a quebra de diferentes substratos. Atuam como catalisadores de forma a aumentar a velocidade de reações químicas sem que se submeta a transformações químicas permanentes (O'ROURKE, 2002).

As principais enzimas responsáveis pela degradação do amido são as α -amilases e as β -amilases. As α -amilases agem sobre as ligações glicosídicas α -1,4 dando origem a glicoses, maltoses e dextrinas. As β -amilases atuam sobre as penúltimas ligações α -1,4 dos amidos, glicogênios e oligossacarídeos, pela remoção de β -maltose das extremidades não redutoras das cadeias. Elas alteram significativamente os grãos de amido formando os açúcares que serão posteriormente utilizados pelas leveduras no processo fermentativo da cerveja (VIEIRA JÚNIOR, 2006).

2.3 Cerveja

A fabricação de cerveja foi originada na Mesopotâmia, onde a produção de cevada era praticada. Na Babilônia, há evidências de que era produzida a cerveja maltada desde 6000 a.C. No Egito, a cerveja ocupava um lugar de importância, sendo distribuída ao povo nos ritos religiosos (SILVA, 2005). Papiros egípcios que datam de cerca de 1300 anos a.C. fazem referência ao regulamento na venda de cerveja (COUTINHO, 2016).

Existem fortes evidências de que a cerveja tenha sido descoberta por acaso, existindo uma grande relação entre a história da cerveja e do pão. Há ainda registros que são anteriores à escrita, como símbolos primitivos e desenhos rupestres, que levam à produção de bebidas semelhantes à cerveja. Existem ainda documentos antigos que mostram a cerveja sendo utilizada como moeda de troca, isto a 6000 a.C. (MORADO, 2009).

De acordo com Brasil (2001, p. 43), existem várias formas de se denominar as cervejas no momento de sua comercialização. Entre estas formas, podem ser denominadas como cerveja forte, cerveja extra, cerveja sem álcool, entre outros. Porém, quando se utilizar adjuntos, o nome do vegetal majoritariamente utilizado deve acompanhar o termo cerveja: cerveja de... (o nome do vegetal).

A água é o principal componente da cerveja, apresentando de 92 a 95% do peso. Dependendo da região, pode apresentar teores diferentes de sais dissolvidos, matéria orgânica e compostos gasosos, influenciando no gosto e nos processos químicos e enzimáticos que ocorrem durante a fermentação. Assim, para ser utilizada nas cervejarias, deve seguir padrões de potabilidade, apresentar alcalinidade de 50 mg/L ou menos e possuir concentração de cálcio em torno de 50 mg/L. A água deve ser constantemente analisada quanto à sua dureza, odor, sabor, coloração, entre outros (DRAGONE; SILVA, 2010).

Ao fabricar a cerveja, um dos objetivos será a transformação do amido em açúcares fermentescíveis, especialmente maltoses, para posteriormente serem hidrolisadas pelas leveduras e transformadas em álcool e CO₂. Os grânulos de amido apresentam em seu conteúdo não somente reservas de açúcares, mas também uma pequena porcentagem de proteínas (0,5% de sua massa em cereais). Essas proteínas comportam enzimas que realizam rotas bioquímicas que sintetizam o amido (BUCKERIDGE et al., 2004).

O lúpulo (*Humulus lupulus* L) (Figura 1a) é uma flor originária de uma espécie de trepadeira de regiões frias, de difícil cultivo. Ele corresponde aos óleos essenciais, às substâncias minerais e às resinas amargas presentes que são fundamentais e muito importantes para o processo cervejeiro. Os óleos essenciais, apesar de voláteis, são as substâncias que conferem à cerveja o aroma característico, e as resinas são responsáveis pelo amargor da cerveja. É adicionado à cerveja geral-

mente na etapa da fervura do mosto cervejeiro e, portanto, tem por finalidade proporcionar à cerveja o gosto amargo característico, colaborando intensamente na formação do sabor e aroma. Assim, o lúpulo afeta diretamente as características qualitativas do produto. Normalmente é comercializado e adicionado no processo na forma de pellets (Figura 1b).



Figura 1a – Flor de lúpulo

Fonte: Millán (2016)



Figura 1b – Lúpulo pelletizado

Fonte: Iguanabs (2016)

Na produção de cerveja, como na produção da grande maioria das bebidas alcólicas, as leveduras são os micro-organismos mais importantes. Pois são elas as responsáveis pela produção do etanol, gás carbônico e uma variedade de compostos secundários que irão contribuir de forma significativa na formação de sabores no produto. A levedura é um ser vivo, logo, não deve ser considerada como uma matéria-prima na produção de cervejas (LEWIS; YOUNG, 2001).

Formalmente, as leveduras utilizadas na produção de cerveja são caracterizadas como *Saccharomyces cerevisiae*, porém é possível identificar dois tipos de leveduras que são utilizadas no processo de produção de cervejas, as do tipo Ale (*Saccharomyces cerevisiae*), que são utilizadas em fermentações à temperatura de 15 °C ou superior, e as do tipo Lager (*Saccharomyces carlbergensis* ou *Saccharomyces uvarum*), que são utilizadas em temperaturas inferiores a 15 °C – na maioria das vezes usam-se temperaturas muito menores que 15 °C (LEWIS; YOUNG, 2001).

A formação dos sabores provenientes de reações metabólicas das leveduras e que influenciará na cerveja dependerá muito do balanço metabólito global do cultivo, da temperatura e o pH de fermentação, o modelo de fermentador, a concentração do mosto, entre outros (DRAGONE; SILVA, 2010). Um bom desenvolvimento das leveduras irá depender da capacidade do mosto em fornecer a estes micro-organismos os nutrientes de que necessitam, como carboidratos, vitamina biotina, oxigênio, fósforo, enxofre, íons cálcio, magnésio e também oligoelementos como íons de zinco e cobre (LEWIS; YOUNG, 2001).

O procedimento no qual se inocula a levedura com o intuito de converter os açúcares presentes no mosto em dióxido de carbono e álcool é chamado de fermentação (LAW, 2015). Para a produção de cerveja com leveduras de baixa fermentação, a temperatura inicial de mosto deve estar entre 6-11 °C, elevando-se lentamente até 10-15 °C, em 3-5 dias, podendo ser verificada a atividade fermentativa por meio da produção de gás carbônico e espuma. Ao final da fermentação, diminui-se a temperatura e, com isso, a levedura decanta, podendo ser retirada. Pela baixa temperatura utilizada, esta fermentação ocorre mais lentamente, podendo levar até dez dias (VENTURINI FILHO; CEREDA, 2001).

Já as cervejas tipo Ale são aquelas que sofreram um processo de fermentação alta (VARNAM; SUTHERLAND, 1994). Para a sua produção, a temperatura inicial do mosto deve ser em torno de 14-18 °C, elevando-se lentamente até 20-25 °C, em 36 horas. Após esse processo, haverá desprendimento de gás carbônico e formação de espuma com coloração acastanhada. Em seguida, deve-se refrigerar até 17 °C, em 72 horas. Ao final da fermentação, as leveduras tendem a subir para a superfície do mosto, podendo ser retiradas e separadas (VENTURINI FILHO; CEREDA, 2001).

3 Material e métodos

Trata-se de uma pesquisa experimental que verificou a viabilidade do processo de maltagem de milho e elaboração de duas formulações de cervejas artesanais. A malteação dos grãos de milho e a elaboração da cerveja, bem como as análises, foram realizadas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Londrina, no segundo semestre de 2016.

3.1 Material

O milho (*Zea Mays*), variedade *Dekalb 330*, utilizado para a malteação e análises posteriores, foi adquirido por doação junto a produtor do município de Sertanópolis, Paraná, em janeiro de 2016. O malte e o malte de trigo, lúpulo e levedura foram adquiridos no mercado local.

3.2 Processo de malteação

Após a limpeza e a classificação dos grãos, são quatro as etapas que foram realizadas no processo de malteação do milho: maceração, germinação, secagem e crivagem, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Etapas do processo de malteação

Fonte: Autoria própria

Os grãos foram peneirados e submetidos a uma seleção para a remoção de componentes estranhos e de grãos deteriorados. Foram selecionados 12 quilogramas de milho *in natura*, sendo retirada uma pequena amostra para análises. Os grãos foram higienizados e imersos em uma solução clorada (100 ppm) por 20 minutos. Em seguida, a água foi removida, os grãos lavados e colocados em um recipiente plástico para maceração, sendo este completado com água de forma a cobrir todos os grãos de milho, e levados até uma câmara refrigerada onde permaneceram a 19 °C.

A fim de contribuir para a oxigenação do meio aquoso, foi instalado um dispositivo para fornecer ar atmosférico na solução por meio de bombeamento, sendo a água trocada três vezes ao dia. Quando foi observado o surgimento de radículas nos grãos de milho, os grãos foram retirados da maceração e deixados para germinar (Figura 3). O tempo de maceração, conforme recomendado por Aquarone et al. (2001), foi 12 a 14 horas.

O processo de germinação foi realizado em câmara com temperatura controlada a uma temperatura inicial de 15,7 °C (temperatura ambiente no momento), sem circulação de ar. Na Figura 3, mostram-se os grãos na etapa final de germinação.



Figura 3 – Fotografia da germinação controlada dos grãos de milho obtidas durante experimento

Fonte: Autoria própria

A germinação buscou a ativação e o desenvolvimento de enzimas. Nesta etapa, o grão já havia adquirido a umidade suficiente para o seu desenvolvimento germinativo – saindo de 13% de umidade para 41,66% de umidade, procurando-se manter esta umidade com a utilização de um borrifador de água em uma frequência aproximada de 4 em 4 horas. A temperatura na câmara de secagem foi elevada para 25 °C por 48 horas após o início do processo de germinação. Em tempos pré-estabelecidos amostras eram retiradas para a realização de análises. O período total de germinação dos grãos foi de 90 horas e 30 minutos.

A secagem dos grãos foi iniciada no momento em que as modificações nos grãos levaram as radículas a atingirem três quartos do tamanho do grão. A secagem obedeceu à seguinte sequência: 40 °C por 24 horas; 50 °C por 12 horas; 55 °C por 4 horas; e, por fim, a última etapa de secagem foi realizada em duas temperaturas diferentes, 85 °C por 6 horas ou 105 °C por 4 horas.

Em seguida, procedeu-se à crivagem, que consistiu na retirada do caulículo e da radícula do malte esfregando-se o malte sobre uma peneira fina de forma a remover a parte indesejável. Após separação, os maltes de milho foram armazenados em sacos plásticos, fechados e armazenados a 18 °C.

3.3 Processamento da cerveja

O processamento foi realizado no Laboratório de Vegetais e Bebidas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Londrina. Foram produzidos dois tipos de cervejas conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Ingredientes utilizados na produção das cervejas

Cerveja A	Cerveja B
40% de malte de milho seco a 85 °C	40% de malte de milho seco a 105 °C
40% de malte	40% de malte
20% de malte de trigo	20% de malte de trigo

Fonte: Autoria própria.

Para a moagem dos grãos foi utilizado moinho de disco (marca Dragonbier), disponível no laboratório de bebidas da UTFPR. O malte moído foi misturado com água, dentro de um tanque de mosturação, na proporção de 1:4 (m/v). Ao longo do tempo, a temperatura do mosto foi sendo elevada efetuando-se assim as rampas de temperatura para a mosturação conforme descrito na Tabela 2. Durante o processo de mosturação, foram realizados os testes com solução de iodo 0,2 N para verificar a sacarificação (CALEGARI, 2013), e a confirmação da completa hidrólise do amido. Em seguida, a temperatura foi elevada para 76-78 °C para a inativação das enzimas.

Tabela 2 – Rampa de temperatura utilizada no processo de mosturação

Temperatura	Tempo de permanência	Tempo para elevação da temperatura
47°C	10 min	10 min
52°C	30 min	11 min
63°C	30 min	12 min
71°C	50 min	13 min
78°C	5 min	

Fonte: Autoria própria.

A filtração foi realizada em um recipiente com fundo falso onde o mosto foi recirculado repetidamente (retirado em baixo e despejado em cima da tina de clarificação), de forma que se utilizou da própria casca presente no mosto cervejeiro como agente filtrante. Logo após, a camada filtrante foi lavada com água previamente aquecida a 75 °C, o que objetivou o aumento da extração do açúcar e, conseqüentemente, o aumento no rendimento do processo. No processo de

fervura, foi realizada a adição do lúpulo em três etapas. A fervura seguiu até ser atingida a concentração de açúcar desejada de 13 °Bx. Após a fervura, o mosto passou pelas etapas de retirada do precipitado e resfriamento. Para a etapa de fermentação, usou-se a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) cepa M44 – Mangrove Jack's Craft Series da Us West Coast, e temperatura de 20 °C por um período de sete dias. Após o período de fermentação, a cerveja foi maturada, ainda no tanque de fermentação, por um período de 22 dias a 0 °C. A clarificação foi realizada por meio da sedimentação por gravidade, ocorrendo concomitantemente ao processo de maturação.

Antes de se iniciar o envase das garrafas com a cerveja, foi realizado o processo para ocorrer a carbonatação natural, chamado de *primer*, onde foi fervido 500 mL de água e adicionados 5 gramas de sacarose (açúcar cristal) para cada litro de cerveja. Foi efetuado o envase das garrafas, lacrando-se manualmente as garrafas com tampas metálicas utilizando-se de uma recravadeira.

3.4 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas do milho *in natura* e do milho maltado consistiram na determinação da composição proximal (umidade, proteínas, lipídios, cinzas, minerais e carboidratos) e atividade de água. Para a cerveja, foram determinadas as análises físico-químicas de sólidos solúveis, teor alcoólico, pH e acidez titulável. As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de análises químicas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina, e foram realizadas em triplicata.

3.4.1 Composição proximal

Os teores de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas foram determinados seguindo-se os procedimentos descritos pelo Manual do Instituto Adolfo Lutz (2005). Para a determinação de proteínas foi utilizada uma solução padrão de ácido clorídrico 0,01 N e fator de conversão de 6,25. A determinação de carboidratos foi feita por diferença (IAL, 2005). Para a determinação do amido presente nos grãos de milho, foi utilizado o método proposto pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

A determinação de elementos químicos – determinação de minerais – foi realizado por meio de espectrometria de fluorescência de raios X por Energia Dispersiva (XRF), utilizando-se de um equipamento espectrômetro Shimadzu, modelo EDX – 7000/8000. As análises foram realizadas no laboratório do Instituto Federal do Paraná (IFPR), campus Londrina. Para análise, as amostras foram incineradas e depositadas em recipientes, denominados champlex, e levadas ao

equipamento. Foi possível quantificar os compostos químicos presentes nas amostras de milho.

3.4.2 Atividade de água

A determinação da atividade de água nos grãos do milho *in natura* e no malte de milho foi realizada em equipamento de medição de atividade de água (AQUALAB), de maneira direta, com as amostras moídas, a 25 °C.

3.4.3 Determinação de cor

Realizou-se a análise de cor utilizando-se um colorímetro da marca Minolta CR300, colocando o sensor do equipamento sobre a amostra. Foram coletados os parâmetros L*, a* e b* do milho *in natura*, milho maltado e cerveja pronta.

3.4.4 Determinação dos sólidos solúveis, teor alcoólico, pH e acidez da cerveja

Os sólidos solúveis da cerveja foram obtidos por determinação direta em refratômetro de bancada a 25 °C. O pH da cerveja também foi realizado por meio direto utilizando-se de um medidor de potencial hidrogeniônico, calibrado a 20 °C. A acidez foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N padronizado, e calculado de acordo com metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005). A determinação do teor de álcool presente nas cervejas foi realizada utilizando-se de um densímetro hidrômetro e também de uma tabela para a conversão da densidade anteriormente obtida do mosto cervejeiro em relação à densidade obtida após o final da produção da cerveja. O resultado foi expresso em porcentagem de álcool presente (Equação 1) (GRABENWASSER, 2008).

$$\% \text{ ABV} = (\text{DO} - \text{DF}) \times 131 \quad (1)$$

ABV – álcool por volume

DO – densidade original do mosto após a fervura

DF – densidade final da cerveja após a fermentação

3.5 Análise microbiológica

As cervejas foram submetidas à contagem de bactérias mesófilas, bolores e leveduras antes de serem submetidas à avaliação sensorial, de acordo com metodologia descrita por Franco e Landgraf (2008).

3.6 Análise sensorial

A análise sensorial consistiu na aplicação de testes sensoriais afetivos envolvendo a opinião do consumidor final. Este teste foi realizado no laboratório de análise sensorial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR campus Londrina, após aprovação pelo comitê de ética em pesquisa da UTFPR, obtendo o termo de aprovação de número CAAE 57081016.5.0000.5547, seguindo normativa do Ministério da Saúde (BRASIL, 2013, p. 59). A pesquisa envolveu a participação de uma equipe de 82 provadores voluntários e não treinados que afirmaram gostar de consumir cerveja, de ambos os gêneros, entre 18 e 60 anos. Foi aplicado um teste afetivo, sendo feito o uso de escala hedônica verbal, numérica e bipolar de nove pontos, a fim de que o provador pudesse fazer sua avaliação emitindo notas seguindo a escala sugerida, de um a nove (OLIVEIRA, 2012). O participante da pesquisa foi convidado a analisar os seguintes atributos: cor, espuma, aroma, amargor, sabor e aceitação global das formulações de cerveja à base de milho maltado; e foram feitas algumas perguntas referentes ao consumo de cerveja. Tendo como base as médias das notas obtidas no teste de aceitação, foi também realizado o cálculo do índice de aceitabilidade (Equação 2).

$$IA = \frac{A \times 100}{B} \quad (2)$$

A = nota média obtida para o produto

B = nota máxima da escala utilizada para avaliar o produto

3.7 Tratamento dos dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com auxílio do programa Biostat 5.0.

4 Resultados e discussões

Foi analisado o processo de maltagem do milho, além da análise da cor, das características microbiológicas e da aceitação sensorial das duas cervejas artesanais elaboradas com adição de milho, sendo cada uma destas etapas descritas a seguir.

4.1 Processo de maltagem

A quantidade de água disponível em um alimento é um fator determinante para o nível de atividade microbiológica do produto, assim como para as reações enzimáticas e bioquímicas, tornando-se de extrema importância em alimentos a

determinação da porcentagem de umidade. A quantidade de água presente em alimentos também é útil na avaliação das curvas de secagem dos produtos.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados obtidos na análise de umidade do milho *in natura* e do milho maltado em diferentes momentos. Para o milho maltado foram discriminados em tempos: T0 (milho maltado no início da germinação), T1 (milho maltado na temperatura de secagem 40 °C), T2 (milho maltado na temperatura de secagem 50 °C), T3 (milho maltado na temperatura de secagem 55 °C), T4 (milho maltado na temperatura de secagem 85 °C) e T5 (milho na temperatura de secagem 105 °C), conforme a etapa a que o grão estava sendo submetido.

Tabela 3 – Análise de umidade do milho *in natura* e milho maltado nas diferentes etapas do processo de malteação

Amostra	Umidade (%)
Milho <i>in natura</i>	12,47 ± 0,08*
T0	41,66 ± 0,47
T1	29,66 ± 0,27
T2	8,73 ± 0,67
T3	8,08 ± 0,25
T4	6,85 ± 0,03
T5	6,81 ± 0,16

Legenda: T0 (milho maltado no início da germinação), T1 (milho maltado na temperatura de secagem 40 °C), T2 (milho maltado na temperatura de secagem 50 °C), T3 (milho maltado na temperatura de secagem 55 °C), T4 (milho maltado na temperatura de secagem 85 °C) e T5 (milho na temperatura de secagem 105 °C). * Média e desvio-padrão.

Fonte: Autoria própria.

O teor de umidade apresentado pelo milho *in natura* foi de 12,47%, o que se mostrou dentro do que é esperado para grãos armazenados, valores estes próximos de 13% de umidade (BRASIL, 2011; OLIVEIRA et al., 2004). No momento final da etapa de germinação, os grãos de milho apresentaram 41,66% de umidade, o que condiz com trabalho de Biazus et al. (2005). No processo de maceração, eleva-se a umidade do grão para 45% de umidade, e no momento de colocá-lo para germinar este irá perder um pouco de sua umidade, por isso a necessidade de aspergir água o suficiente para manter a umidade do grão elevada. Ao final, o malte apresentou umidade ao redor de 6%, que é o desejado, uma vez que nesta etapa o grão está sendo preparado para estocagem.

A água é de fundamental importância no processo de malteação de qualquer cereal. O processo de germinação do grão somente irá ocorrer na presença de água,

calor e oxigênio, sendo necessário um teor de umidade entre 44% a 48% para o desenvolvimento de enzimas. Com o aumento da atividade de água no grão, são expelidos hormônios como a giberelina A3 e ácido giberélico, que irão induzir o aleuroma, a formação de diversas enzimas, como a endopeptidase, exopeptidase, dextrinase-limite e alfa-amilase (REINOLD, 2016). Uma elevação na atividade de água no grão (aproximadamente 42% de umidade) é condição necessária para a ativação de reações químicas que estão relacionadas ao metabolismo do grão e com o desenvolvimento do embrião. O conhecimento da cinética de absorção de água é importante pois permite conhecer as variáveis que influenciam o processo de maceração e prever as condições a serem oferecidas para que a maceração e o processo de hidratação seja eficiente (MONTANUCI, 2014).

A absorção de água e sua distribuição no grão ocorrerá por difusão e por capilaridade, partindo do meio de maior potencial hídrico para o de menor potencial hídrico (MONTANUCI, 2014). O aumento na atividade de água irá promover então a síntese de componentes fundamentais para o processo de germinação bem como promover uma alta mobilidade molecular, condição estritamente necessária para que o grão germine e caminhe para a constituição de uma nova planta.

Na Tabela 4, são mostrados os valores de atividade de água do milho maltado nas diversas etapas do processo de maltagem.

Tabela 4 – Atividade de água (Aa) dos grãos de milho em diferentes condições

Amostra	Aa
Milho <i>in natura</i>	0,5842 ± 0,0005*
Milho Maltado T-0	0,9878 ± 0,0010
Milho Maltado T-1 (40°C)	0,9557 ± 0,0010
Milho Maltado T-2 (50°C)	0,3679 ± 0,0020
Milho Maltado T-3 (55°C)	0,3522 ± 0,0030
Milho Maltado T-4 (85 °C)	0,1553 ± 0,0018

Legenda: T0 (milho maltado no início da germinação), T1 (milho maltado na temperatura de secagem 40 °C), T2 (milho maltado na temperatura de secagem 50 °C), T3 (milho maltado na temperatura de secagem 55 °C), T4 (milho maltado na temperatura de secagem 85 °C) e T5 (milho na temperatura de secagem 105 °C) * Média e desvio-padrão.

Fonte: Autoria própria.

Após a etapa de germinação, a presença de grande quantidade de água já não é mais necessária, devendo, portanto, ser reduzida para evitar contaminação. Dessa forma, observa-se que, à medida que se aumentaram a temperatura e o tempo de aquecimento, o nível de atividade de água foi diminuindo, saindo de uma condição de 0,99 de Aa para 0,15 no final do processo.

O milho é um produto com alto valor energético, apresentando, no entanto, baixo valor proteico. As proteínas presentes no milho são de baixo valor nutricional, por serem deficientes em alguns aminoácidos essenciais. A porcentagem de proteínas apresentada pelo milho estudado foi de 7,17%, ficando um pouco abaixo dos 9,5% verificado em outros trabalhos (OLIVEIRA et al., 2004; PAES, 2006). Estas variações nas quantidades de proteínas presentes nos grãos são influenciadas por diversos fatores, como o tipo de grão utilizado na produção, variações climáticas e condições do solo (SILVA; REINERT; EREICHERT, 2000).

Grãos de milho tendem a apresentar valores próximos a 4% de lipídios, sendo que 82,6% destes lipídios encontram-se no gérmen do milho (PAES, 2006). As amostras selecionadas para determinação proximal apresentaram, em base seca, 3,12 % \pm 0,13 de lipídios para o milho *in natura* e 3,57 % \pm 0,11 de lipídeos no milho maltado. Os valores situaram-se próximos aos obtidos em trabalho de Paes (2006), porém um pouco menores que aqueles que Steinmacher (2005) apresentou em seu trabalho. A variação encontrada talvez possa ser explicada em função da qualidade do solo, das condições climáticas a que este milho foi submetido e também em função da qualidade do grão.

As quantidades de cinzas determinadas nos grãos de milho não apresentaram grandes variações em função do grão ser ou não maltado, ficando em 1,18% \pm 0,09 e 1,22% \pm 0,02, respectivamente. Estes valores ficaram próximos aos encontrados por Veloso et al. (2005).

A porcentagem de carboidratos observados nas análises do milho foi realizada pela diferença do extrato seco total e demais componentes retirando-se de 100. Obteve-se uma quantidade de 76,02% de carboidratos presentes no milho. Veloso et al. (2005) e Steinmacher (2005) encontraram valores semelhantes em seus trabalhos.

Em relação à análise para determinação do amido, o resultado obtido para o milho *in natura* foi semelhante ao verificado por Tosello (1987), onde analisaram amostras de milho e encontraram o resultado de 71,5% de amido, bem próximos aos 70,95% de amido apresentado pelo milho *in natura* com o qual trabalhou-se, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Teor de amido dos grãos nas diferentes condições

Amostra	% Amido (base seca)
Milho <i>in natura</i>	70,95
Milho maltado 85 °C	71,18
Milho maltado 105 °C	70,75

Fonte: Autoria própria.

Caniato et al. (2007) também encontraram valores distintos para o teor de carboidratos totais e amido. Porém, estes trabalharam com milho verde e expressaram seus valores em outra unidade (mg/g). Ainda de acordo com Caniato et al. (2007), há a presença de outros carboidratos no milho, como açúcares redutores e açúcares solúveis totais.

Os resultados obtidos mostraram que não houve diferenciação no conteúdo de amido do milho *in natura* em relação aos milhos maltados.

Nas Tabelas 6 e 7, é apresentada a composição mineral dos grãos de milho *in natura* e maltado, sendo que os dados foram tabelados em porcentagem de mineral presente no grão em relação ao total de mineral presente no grão.

Tabela 6 – Resultados da análise de minerais do milho *in natura*

Elemento mineral	Resultado (%)
K	67,255 ± 0,728*
P	25,212 ± 0,026
Ca	2,476 ± 0,139
S	1,376 ± 0,018
Si	1,382 ± 0,905

* Média e desvio-padrão.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 7 – Resultados da análise de minerais do milho maltado

Elemento mineral	Resultado (%)
K	60,696 ± 0,216*
P	25,827 ± 0,074
Ca	7,363 ± 0,034
S	1,851 ± 0,016
Si	2,159 ± 0,147

* Média e desvio-padrão.

Fonte: Autoria própria.

O milho analisado apresenta teor elevado de potássio (67%) e fósforo (25%), seguido por cálcio (2,5%) e menor quantidade de estrôncio e silício (em torno de

1,3%). A malteação não causou grandes variações na composição mineral, com exceção de um incremento no teor de cálcio (para 7%).

4.2 Análise de cor

A caracterização da cor dos maltes e das cervejas produzidas foram com base na metodologia CIELAB. O valor de L^* para o milho *in natura* mostra que a luminosidade do grão se encontra no setor intermediário entre o totalmente preto e totalmente branco. O processo de maltagem fez com que a luminosidade se deslocasse no sentido de maior intensidade, sendo que o milho maltado a 105 °C apresentou maior valor para luminosidade, conseqüentemente maior tendência para a cor clara.

Os valores de croma a^* variaram significativamente entre as amostras, diferentemente do croma b^* , que não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos. Como os valores ficaram positivos, indicam que as amostras têm coloração mais tendendo ao amarelo (Tabela 8).

Tabela 8 – Análises de cor dos grãos de milho – CIELAB

Parâmetro	Grãos de milho <i>in natura</i>	Grãos de milho maltado a 85 °C	Grãos de milho maltado a 105 °C
L^*	52,93 ± 2,43 b^*	55,30 ± 2,26 ^{a,b}	64,06 ± 3,87 ^a
a^*	6,63 ± 0,87 ^a	3,68 ± 0,55 ^b	1,15 ± 0,76 ^c
b^*	37,57 ± 0,48 ^a	36,82 ± 1,54 ^a	38,90 ± 3,97 ^a
ΔE^*	51,9	48,92	43,04

* Média e desvio-padrão. Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa ao nível de $p < 0,05$ pela análise de Tukey

Fonte: Autoria própria.

A variação de cor em relação ao controle – ΔE – e a amostra do milho *in natura* mostra uma tendência de escurecimento dos grãos quando estes são submetidos ao processo de malteação e, quanto maior o incremento de calor/tempo, mais os grãos tendem ao escurecimento, o que pode ser explicado por reações de caramelização e de Maillard no malte.

4.3 Análises da cerveja

As análises para caracterização das cervejas estão apresentadas na Tabela 9. A quantidade de álcool encontrada foi de 4,49% para a cerveja preparada

com malte de milho seco a 105 °C, e 4,23% para a cerveja preparada com o malte de milho seco a 85 °C. A acidez apresentada pela cerveja foi de 3,84% ± 0,058 para a amostra A (milho maltado seco a 85 °C) e 3,97% ± 0,117 para a amostra B (milho maltado seco a 105 °C). O pH da cerveja foi de 4,27 para a amostra A e 4,29 para a amostra B. Estes valores são próximos aos determinados nos trabalhos de Curi (2006), em que se observou valores entre 4,66 a 4,71 em análises de suas cervejas. O pH observado indica um produto ligeiramente ácido. Variações no pH irão influenciar na aceitabilidade da cerveja pelo consumidor final.

A acidez total titulável pode variar em função do aumento da concentração de gás carbônico em função do processo de fermentação. Um aumento na acidez modifica o sabor da cerveja, conferindo um sabor tendendo ao amargo (SLEIMAN; VENTURINI FILHO, 2004).

A análise de sólidos solúveis resultou, para as duas amostras de cervejas, 7 °Bx. Estes valores estão de acordo com os valores observados por Ferreira e Benka (2014), que encontraram valores entre 6,48 °Bx a 8,40 °Bx em suas amostras. Esta análise é de grande importância no processo de produção de cerveja, pois demonstra a concentração de açúcares presente no mosto – conforme as leveduras vão atuando no processo de fermentação vão convertendo os açúcares obtidos dos amidos em CO₂ e álcool. Por meio das medidas de grau Brix, é possível acompanhar a conversão dos açúcares fermentescíveis pelas leveduras, possibilitando o cálculo do teor alcoólico no produto final.

O pH final da cerveja irá influenciar no sabor da cerveja. O valor obtido neste estudo está em acordo com o valor de pH esperado para cervejas de baixa fermentação, entre 3,8 e 4,7 (SLEIMAN; VENTURINI FILHO, 2004).

Os teores alcoólicos das duas formulações ficaram próximos, em torno de 4%, similar aos valores de cervejas encontradas no varejo.

Tabela 9 – Análises de acidez, pH, teor alcoólico e sólidos solúveis totais (°Bx)

	Cerveja malte de milho seco a 85 °C	Cerveja malte de milho seco a 105 °C
Acidez	3,84% ± 0,058	3,97% ± 0,117
pH	4,27 ± 0,006	4,29 ± 0,000
Teor alcoólico*	4,23	4,49
Sólidos Solúveis Totais (°Bx)*	7	7

* Análise simples (sem triplicata)

Fonte: Autoria própria.

Na análise de cor para as cervejas, os resultados de L^* mostraram uma luminosidade inferior ao apresentado pelos grãos maltados, conforme mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Análises de cor das cervejas – CIELAB

	Cerveja Malte de milho seco a 105 °C	Cerveja Malte de milho seco a 85 °C
L^*	$17,72 \pm 0,33^{a*}$	$16,72 \pm 0,74b$
a^*	$-3,14 \pm 0,04^a$	$-3,18 \pm 0,07a$
b^*	$4,48 \pm 0,18a$	$3,70 \pm 0,15b$

* Média e desvio-padrão. Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa ao nível de $p < 0,05$ pela análise de Tukey.

Fonte: Autoria própria.

A variação de cor em relação ao controle para as duas cervejas foi semelhante. Matsubara e Plath (2014) encontraram valores de luminosidade para a cerveja de gengibre que produziram próximos ao que analisamos. Encontraram valores de luminosidade de 13 para cervejas artesanais de trigo, com e sem gengibre, não muito distante dos valores observados neste trabalho, que ficou em torno de 17. As cervejas produzidas com os dois maltes apresentaram baixa luminosidade, o que pode ser justificado pelos ingredientes e processamento.

4.4 Análise microbiológica

Apesar de não haver legislação específica para o controle microbiológico em cervejas, existe a orientação da agência de regulamentação de se seguir as normas prescritas e adotadas pelo Mercosul (BRASIL, 2001).

Foi realizado o controle de crescimento microbiológico e controle de qualidade da levedura. Realizaram-se os testes para verificar a presença ou ausência de colônias de bactérias patogênicas nas amostras da cerveja, diluídas em diversas concentrações. Os resultados das análises foram satisfatórios, já que não houve crescimento de bactérias em nenhuma das placas. No caso de leveduras, foram encontradas da ordem de $5,00 \times 10^6$ UFC na diluição 10^6 .

A presença de leveduras era um fato esperado, uma vez que não foi feita a pasteurização do produto. E, portanto, recomenda-se que a cerveja artesanal seja consumida em no máximo 15 dias (DRAGONE; SILVA, 2010).

4.5 Análise sensorial

As notas atribuídas para cada atributo sensorial analisado estão apresentadas na Tabela 10. Os avaliadores reagiram positivamente às duas cervejas produzidas. Em relação ao perfil de provadores, 61% disseram consumir cerveja semanalmente (Gráfico 1a), dos quais 94% possuem escolaridade superior incompleta. Desses provadores, 67% foram homens e 33% mulheres. Em relação aos dados encontrados pela Secretaria Nacional Antidrogas (SENAD) do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República, em parceria com a Unidade de Pesquisa em Álcool e Drogas (UNIAD), do Departamento de Psiquiatria da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), os homens bebem mais frequentemente que as mulheres, mas não houve uma diferença de consumo em relação à cerveja (CISA, 2016).

Tabela 11 – Notas dos atributos sensoriais das cervejas

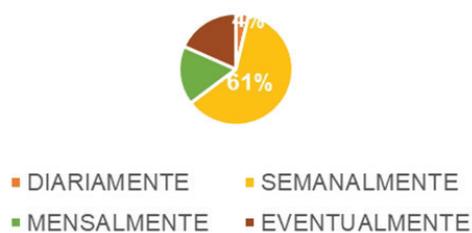
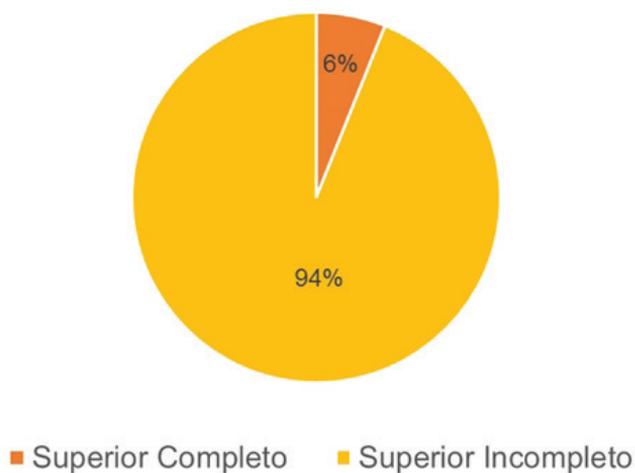
Amostras	Cor	Aroma	Amargor	Espuma	Sabor	Nota global
Cerveja malte de milho seco a 85 °C	6,7	6,65	6,74	6,59	6,98	7,10
Cerveja malte de milho seco a 105 °C	7,27	7,38	6,84	6,93	7,10	7,18

Fonte: Autoria própria.

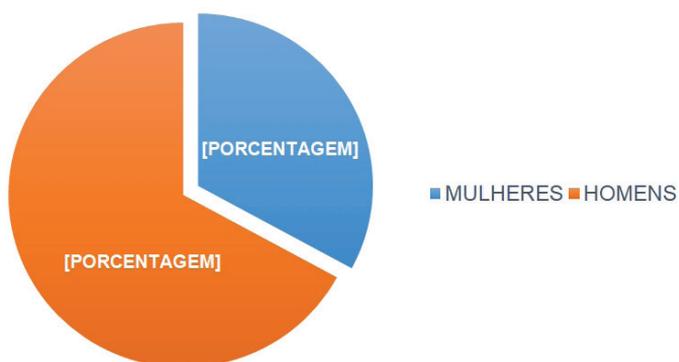
O atributo espuma teve uma menor nota de aceitação. Isso talvez se deva ao fato de não haver uma uniformidade no momento de servir a cerveja. De uma maneira geral, as duas cervejas obtiveram avaliações semelhantes, com uma pequena vantagem para a cerveja preparada com o malte seco a 105 °C.

Com o intuito de verificar a aceitação das duas cervejas, por meio do uso do cálculo do índice de aceitabilidade, obteve-se um índice de 79,81% para a cerveja produzida com malte de milho submetido ao processo de secagem a 105 °C, e 78,86 % para a cerveja produzida com malte de milho submetido ao processo de secagem a 85 °C.

Foi observado que houve índices de aceitabilidade similares quando as cervejas produzidas foram avaliadas em relação ao amargor, espuma e sabor; ao contrário dos atributos cor e aroma, tendo prevalecido como melhor aceita a cerveja que foi preparada utilizando-se do malte de milho seco a 105 °C. Na média global, os índices foram muito próximos, o que nos leva a afirmar que não houve diferenças na aceitabilidade das duas amostras de cervejas.

Gráfico 1a – Frequência no consumo de cerveja pelos avaliadores**Gráfico 1b** – Escolaridade dos avaliadores

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 1c – Distribuição dos avaliadores por gênero

Fonte: Autoria própria.

5. Conclusão

Utilizando-se de técnicas adequadas, foi possível obter um malte de milho e com isso produzir uma cerveja artesanal bem aceita pelo consumidor. Existem diversas combinações de ingredientes que propiciarão sabor, aroma e cores diferentes. Dessa forma, existe a necessidade de produzir cervejas com outras concentrações de ingredientes, utilizando o malte de milho, para melhor avaliação da sua potencialidade.

Referências

- AQUARONE, E. et al. **Biotecnologia na produção de alimentos** (Série Biotecnologia Industrial, Vol. 4). São Paulo: Blucher, 2001.
- BIAZUS, J. P. M. et al. Maximização das etapas de produção do Malte de Zea Mays. **Brazilian Journal of Food Technology**, 5^o CIPAL, p. 138-145, mar. 2005.
- BRASIL. Empresa Brasileira de Produção Agropecuária – EMBRAPA. O cultivo do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de produção 1. Versão eletrônica. 7. ed. set. 2011. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7.ed.colsecagem.htm>. Acesso em: 28 out. 2016.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa n. 54, de 5 de novembro de 2001. Adota o Regulamento Técnico MERCOSUL de Produtos de Cervejaria, em conformidade ao disposto no Anexo da presente Instrução Normativa. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2001.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa n. 11, de 13 de março de 2013. Estabelece o regulamento técnico do malte de cevada, definindo o seu padrão oficial de classificação. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2013.
- _____. Ministério da Saúde. Resolução n. 466, de 22 de dezembro de 2012. Aprovar as seguintes diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. **Diário oficial da União da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2013.
- BRESCIANI, E. Alimentos e bebidas do antigo Egito. In: FLANDRIN, J. L; MONTANARI, M. **História da alimentação**. São Paulo: Estação Liberdade, 1998. p. 68-79.

- BUCKERIDGE, M. S. et al. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 31-50.
- CALEGARI, R. **Estrutura de testes para uma microcervejaria: concepção, dimensionamento e construção**. 21f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso superior em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- CANIATO, F. F. et al. Quantificação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amidos nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1893-1896, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542007000600045&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149-162.
- CENTRO DE INFORMAÇÕES SOBRE SAÚDE E ÁLCOOL – CISA. **I Levantamento Nacional sobre os Padrões de Consumo de Álcool na População Brasileira**. Disponível em: <<http://www.cisa.org.br/artigo/155/i-levantamento-nacional-sobre-os-padroes.php>>. Acesso em: 28 nov. 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Indicadores da agropecuária. **Observatório agrícola**, ano XXV, n. 3, mar. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_15_17_11_05_revista_marco_2016__versao_final_para_internet.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- COUTINHO, C. A. T. **A cerveja e sua história**. Disponível em: <<http://www.cerveja.com.br/historia-da-cerveja/76-a-cerveja-e-sua-historia.html>>. Acesso em: 26 out. 2016.
- CURI, R. A. **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu, SP.
- DRAGONE, G.; SILVA, J. B. A. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas**. São Paulo: Blucher, 2010. p. 15-48.

- EVANGELISTA, A. F. et al. Produção e estudo do potencial de hidrólise de uma nova fonte de enzimas amilolíticas a partir do malte de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2005.
- FERREIRA, A. S; BENKA, C. L. **Produção de cerveja artesanal a partir do malte germinado pelo método convencional e tempo reduzido de germinação**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso superior em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, PR.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. In: LANDGRAF, M. **Micro-organismos indicadores**. São Paulo: Atheneu, 2008. p. 27-31.
- GRABENWASSER. **Uso do densímetro: estimando o percentual de álcool na cerveja**. Disponível em: < <http://grabenwasser.blogspot.com.br/2008/10/uso-do-densmetro-estimando-o-percentual.html>>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- IGUANABS, 2016. **Lúpulo Pelitizado**. Disponível em: <<http://www.iguanabs.com/product-page/fed87cb4-e1d9-2923-b45e-c2ece96b8c68>>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. Procedimentos e determinações gerais. In: **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.
- JOHNSON, L. A. Corn: the major cereal of the Americas. In: KULP, K.; PONTE JR., J. G. **Handbook of cereal science and technology**. New York: M. Dekker, 2000. p. 31-80.
- KULP, K.; PONTE JR., J. G. **Handbook of cereal science and technology**. New York: M. Dekker, 2000.
- LAW, D.; GRIMES, B. **Cerveja artesanal: técnicas e receitas para produzir em casa**. São Paulo: Publifolha, 2015.
- LEWIS, M. J.; YOUNG, T. W. **Brewing**. 2. ed. New York: Springer Science, 2001.
- MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, M. A. Produção e tecnologia de cereais: processo de maltagem da cevada. In: RODRIGUES, M. A.; MORAES, J. S.;

CASTRO, J. P. M. **Livro de atas das jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio em Bragança**. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança; CIMO, 2015.

MATSUBARA, A. K.; PLATH, A. R. **Desenvolvimento de cerveja artesanal de trigo adicionada de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe)**. 2014. 49f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR.

MILLÁN, A. **Cervezas**. 2016. Disponível em: <<http://www.verema.com/blog/cervezas/1343519-origen-cerveza>>. Acesso em: 2 nov. 2016.

MONTANUCI, F. D. **Avaliação do efeito das variáveis de processo na produção de malte de cevada e na produção de bebidas tipo chá**. 2014. 129f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Larousse, 2009.

O'ROURKE, T. The function of enzymes in brewing. **The Brewer International**, v. 2, n. 9, 2002.

OLIVEIRA, A. F. **Apostila de análise sensorial dos alimentos**. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

OLIVEIRA, A. L. R. A logística do agronegócio: para além do apagão logístico. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília: Embrapa. 2014. p. 337-370.

OLIVEIRA, J. P. et al. Teor de proteína no grão em populações de milho de alta qualidade proteica e seus cruzamentos. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical – PAT**, v. 34, n. 1. p. 45-51, jan.-abr. 2004.

ORDÓNEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos e processos (Vol. 1)**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Circular Técnica Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, n. 75, 2006.

- REINOLD, M. R. Reações enzimáticas e físico-químicas que ocorrem durante a malteação da cevada. *Cervesia*. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.cervesia.com.br/malte/26-reacoes-enzimaticas-e-fisico-quimicas-que-ocorrem-durante-a-malteacao-da-cevada.html>>. Acesso em: 24 ago. 2016.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. O processo de fabricação da cerveja. In: *Tecnologia cervejeira*. Rio de Janeiro: Sistema Firjan, 2014. p. 48-234.
- SILVA, J. B. A. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. *Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado*. São Paulo: Blucher, 2005. p. 347-382.
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. *Bras. Ci. Solo*, v. 24, p. 191-199, 2000.
- 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, n. 2, p. 145-153, jul.-dez. 2004.
- STEINMACHER, N. C. *Caracterização físico-química, das propriedades reológicas e das proteínas de milho crioulo (Zea mays)*. 2005. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo (Vol. 2). In: PARTERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. *Melhoramento e produção do milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 375-408.
- VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. Alcoholic beverages: I. Beer. In: *Beverages: technology, chemistry and microbiology*. New Yoek: Chapman & Hall, 1994. p. 296-352.
- VELOSO, J. A. F. et al. Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 57, n. 5, p. 623-633, 2005.
- VENTURINI FILHO, W. G.; CEREDA, M. P. Cerveja. In: AGUARONE, E. et al. *Biotecnologia industrial*. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2001. p. 91-145.

VIEIRA JÚNIOR, A. Alfa e beta-amilase no metabolismo do amido durante o amadurecimento da banana: clonagem, expressão e caracterização molecular. 2006. 91f. Tese (Doutorado em Bromatologia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.