

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

PAULA DE DONATI PORTO

**TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE
MALTE: UMA REVISÃO**

Porto Alegre

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE
MALTE: UMA REVISÃO**

Paula de Donati Porto

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do Título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Plinho Francisco Hertz

Co-orientador: Alessandro de Oliveira Rios

Porto Alegre

2011

PAULA DE DONATI PORTO

TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE MALTE: UMA REVISÃO

Trabalho de diplomação apresentado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO DE ALIMENTOS pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovado em: 13/12/2011

BANCA EXAMINADORA

.....

Prof. Dr. Plinho Francisco Hertz (Orientador)

Dr. Em Ciências dos Alimentos

ICTA/UFRGS

.....

Prof. Dr. Vitor Manfroi

Dr. em Ciência e Tecnologia Agroindustrial

ICTA/UFRGS

.....

Ana Carolina Pettermann

Engenheira de Alimentos

Ambev – F. M. Navegantes

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio, sempre.

À minha irmã, pela paciência e companheirismo.

Ao meu amor, pela amizade, parceria e apoio nas horas boas e ruins.

Às gurias da “barra 05”, por tornaram meus dias mais alegres durante toda a faculdade e por eu poder contar, sempre.

Aos colegas da Ambev, filial Maltaria Navegantes, pela confiança e pelos ensinamentos.

Ao professor Plinho, pela ajuda e direcionamento e pelo ótimo trabalho desenvolvido dentro da universidade.

À UFRGS, por proporcionar ensino gratuito e de qualidade.

RESUMO

A produção de malte, uma das principais matérias-primas da cerveja, consiste na germinação artificial do grão de cevada, sob condições de temperatura e umidade controladas em um curto período de tempo. Essa germinação controlada tem como objetivo a ativação e a produção de enzimas que agirão nas substâncias de reserva do grão, transformando-as em compostos de menor massa molecular que irão possibilitar a ativação dos sistemas biológicos do processo de fabricação de cerveja, como a fermentação alcoólica. Este trabalho propõe uma revisão relativa ao processamento de malte, equipamentos relacionados ao processo e matérias – primas empregadas, bem como apresenta os quesitos de qualidade e a importância da adição de certos insumos. O trabalho ainda reúne os métodos de avaliação de qualidade do malte pronto. O processo de malteação se divide em três principais etapas, que são a maceração, germinação e secagem. Antes do processamento propriamente dito se faz importante o conhecimento da matéria-prima, tais como avaliações de qualidade, como capacidade germinativa e classificação dos grãos para auxílio na escolha da melhor matéria-prima na hora da aquisição da mesma. Após a compra da matéria-prima é importante ter cuidados com o armazenamento para que a qualidade dos grãos não sofra alterações. O malte depois de processado necessita passar por etapa de limpeza, denominada desbrotamento e está pronto para ser enviado as cervejarias. Algumas análises são importantes serem realizadas, tais como umidade, cor de cocção e extrato do malte, pois essas informações ajudarão o cervejeiro a tomar decisões em relação ao processo de produção de cerveja.

Palavras-chave: Malte. Malteação. Cevada. Maltaria. Equipamentos fabricação de malte.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Cevada de duas e seis fileiras.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2. Cevada pendente e cevada ereta.</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Corte longitudinal do grão de cevada.</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4. Condições de estocagem de grão em relação ao ataque de ácaros, insetos e fungos.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5. Gráfico do grau de maceração.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6. Funil de maceração.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 7. Seção transversal de um flat bottom.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 8. Caixa de germinação.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 9. Revolvedora.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 10. Caixa de germinação circular.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 11. Secador de um plano.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 12. Rosca degerminadora.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 13. Máquina degerminadora.</i>	<i>46</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Utilização de Malte em Alimentos</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 2: Composição do grão de cevada seco</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 3: Especificações de Malte Cervejeiro</i>	<i>52</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MALTEAÇÃO	11
3	UTILIZAÇÃO DE MALTE NA PRODUÇÃO DE CERVEJA	12
4	OUTRAS UTILIZAÇÕES DE MALTE	13
5	MATÉRIA PRIMA E INSUMOS	15
5.1	CEVADA	15
5.1.1	Tipos de cevada	15
5.1.2	Variedades de Cevada	17
5.1.3	Morfologia do grão de cevada	18
5.1.4	Composição química da cevada	20
5.1.5	Análises na cevada	25
5.2	ÁCIDO GIBERÉLICO	29
5.3	HIDRÓXIDO DE SÓDIO E HIDRÓXIDO DE CÁLCIO	30
6	PRÉ - PROCESSAMENTO DE MALTE	31
7	PROCESSAMENTO DE MALTE	33
7.1	MACERAÇÃO	33
7.1.1	Fornecimento de oxigênio	34
7.1.2	Grau de maceração	35
7.1.3	Limpeza dos grãos	35
7.1.4	Equipamentos de maceração	36
7.2	GERMINAÇÃO	37
7.2.1	Transformações durante a germinação	39
7.2.2	Equipamentos de germinação	40
7.3	SECAGEM	42
7.3.1	Princípios de secagem	42
7.3.2	Equipamentos de secagem	43
7.4	DESBROTAMENTO DE MALTE	45
8	AVALIAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS DO MALTE	47
8.1	CLASSIFICAÇÃO DE MALTE	47
8.2	PESO HECTOLÍTRICO	47
8.3	GRÃOS VITROSOS OU VITRIFICAÇÃO	47
8.4	UMIDADE	48
8.5	HARTONG 45°C	48
8.6	ANÁLISES FEITAS A PARTIR DO MOSTO CONGRESSO	48
8.6.1	Extrato	48
8.6.2	Diferença de extrato	49
8.6.3	Cor de ccccção	49
8.6.4	Análise de nitrogênio livre (FAN - Free Amino Nitrogen)	49
8.6.5	Nitrogênio Solúvel	49
8.6.6	Poder diastásico	50
8.6.7	Beta-glicanos	50
8.6.8	Índice de Kolbach	50
9	TIPOS DE MALTES PROVINIENTES DE CEVADA	51
10	ESPECIFICAÇÕES DE MALTE	52

11	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

O processo de fabricação de cerveja possui várias matérias-primas, porém o malte exerce papel fundamental nesse processamento, pois é ele quem irá, além de fornecer aromas e sabores característicos para a cerveja, possibilitar que os sistemas biológicos do processamento aconteçam, como a fermentação alcoólica.

Para a obtenção de malte, processa-se cevada através do denominado processo de malteação. A cevada é submetida a ambientes artificiais de germinação, passando por etapas de limpeza, maceração, germinação e secagem. O malte seco e limpo está pronto para ser utilizado nas cervejarias.

O processo de malteação tem por objetivo a ativação e formação enzimática. As enzimas formadas atuarão no processo de malteação assim como no processo de produção de cerveja agindo sobre as substâncias de reserva do grão, principalmente sobre o amido e as proteínas, transformando-as em substâncias de menor peso molecular.

O processo de fabricação de malte é muito antigo e por essa razão existem diferentes tecnologias empregadas, algumas delas mais rudimentares e outras mais desenvolvidas.

Para a fabricação de malte se faz importante o conhecimento das reações biológicas e bioquímicas dos grãos de cevada para assim ser possível empregar a melhor tecnologia existente para otimização dos processos.

Esse trabalho tem por objetivo concentrar informações sobre o processamento de malte, equipamentos relacionados ao processo, mostrar as matérias – primas empregadas, como avalia-las em relação aos quesitos de qualidade e a importância da adição de certos insumos. O trabalho ainda reúne os métodos de avaliação de qualidade do malte pronto. Além disso, objetiva fornecer mais informações sobre o assunto, uma vez que esse tipo de material é escasso.

2 MALTEAÇÃO

O processo de malteação envolve desde a germinação da cevada até o armazenamento do malte pronto (BAMFORTH, 1993). Muitos cereais podem ser malteados, porém o mais comum para produção de cerveja é a malteação da cevada (BOULTON, 2006).

O processo de malteação basicamente consiste de uma etapa inicial de umidificação dos grãos de cevada, denominado maceração, seguido de etapa controlada de germinação, onde se ativa o sistema enzimático do grão que irá agir sobre a reserva de amido do mesmo para fornecer carbono e energia para o desenvolvimento do embrião. Após, quando o processo atinge um determinado ponto de germinação, o processo é cessado através de secagem. (BOULTON, 2006).

Um dos principais objetivos da malteação é a produção de enzimas, que irão atuar em diversas transformações nas substâncias de reserva do grão durante o processo de germinação e também atuarão no processo de mosturação (etapa do processo de produção de cerveja) provocando desdobramentos desejáveis (TSCHOPE, 1999).

O processo de malteação é sempre similar independente do gênero alimentício que o malte será empregado (BAMFORTH, 1993).

3 UTILIZAÇÃO DE MALTE NA PRODUÇÃO DE CERVEJA

Para a produção de cerveja necessita-se de uma ampla quantidade de matérias primas, porém existem quatro que são fundamentais: cevada, lúpulo, água e leveduras (KUNZE, 1999). A cevada, conseqüentemente o malte, é a matéria prima principal para a elaboração de cerveja (ZSCHOERPER, 2009), pois segundo Kunze (1999), a cevada malteada fornece o amido necessário para a produção de cerveja. Segundo Bamforth (1993) o malte de cevada é fonte de açúcares fermentáveis para a fermentação alcoólica, principalmente usados na produção de cervejas e uísques.

O uso de malte de cevada na fabricação de cerveja é muito importante, pois é através dele que a cerveja adquire seu conteúdo protéico, que foi modificado durante o processo de malteação (STEINER, 2011).

Dentre as quatro matérias - primas fundamentais para a produção de cerveja existem duas delas que permitem que os sistemas biológicos do processo de cerveja aconteçam: malte e leveduras. O malte é transformado em mosto, os carboidratos do mosto são transformados, através das leveduras, em álcool e outros produtos que irão influenciar na aparência, aroma e sabor da cerveja (POMILIO, 2010).

As propriedades características da cerveja, como por exemplo, cor, espuma e alguns aromas, são conseqüências diretas da quantidade e da qualidade do malte de cevada utilizado para fabricação da mesma (BAMFORTH, 1993).

4 OUTRAS UTILIZAÇÕES DE MALTE

Além da utilização de malte na produção de cerveja e uísques, este pode ser usado na formulação de muitos alimentos, tais como biscoitos, bolos, sorvetes. O malte é empregado nesses produtos com diversas funções, onde as principais são fornecer cor e sabor. O malte pode ser usado nas formulações como fonte de enzimas, como adoçante ou ainda trazendo algum benefício nutricional, como vitaminas ou aminoácidos (BAMFORTH, 1993).

Utiliza-se, na maioria das vezes, extrato solúvel de malte com cor nas formulações de alimentos, pois esse se apresenta como alternativa ao caramelo uma vez que a preocupação com alimentos mais saudáveis está crescendo (BAMFORTH, 1993).

A tabela 1 traz algumas utilizações de malte na indústria alimentícia e suas principais funções tecnológicas.

Tabela 1: Utilização de Malte em Alimentos

Alimento	Função do Malte				
	Cor	Enzima	Sabor	Adoçante	Nutricional
Biscoitos e crackers	x	x	x	x	x
Bolos	x		x	x	
Cafés alternativos	x		x		
Cereais matinais			x	x	x
Comidas infantis		x	x	x	x
Confeitaria	x		x	x	x
Conservas	x				
Cubos de caldo	x				
Molho gravy	x				

Molhos	x		x	x	
Pão	x	x	x	x	x
Picles	x				
Produtos cárneos	x				
Refrigerantes	x		x	x	x
Sobremesas	x		x		
Sopas	x				
Sorvete	x		x		

Fonte: Adaptado de BAMFORTH (1993).

5 MATÉRIA PRIMA E INSUMOS

5.1 CEVADA

A cevada é um cereal que pertence a família das gramíneas e possui designação genética de *Hordeum* (BRIGGS, 1995). Ocupa a quinta posição, em ordem de importância econômica no mundo. O grão é utilizado na industrialização de bebidas como cervejas e destilados, na composição de farinhas para panificação e ainda em substitutos de café (BRASIL, 2011).

5.1.1 Tipos de Cevada

A cevada pode ser classificada quanto o seu aproveitamento, quanto a sua época de semeadura ou ainda quanto ao posicionamento dos grãos na espiga (ZSCHOERPER, 2009).

5.1.1.1 Aproveitamento

A classificação da cevada quanto ao seu aproveitamento, pode ser dividida em dois grupos: cevada cervejeira ou cevada forrageira (ZSCHOERPER, 2009).

A cevada cervejeira é aquela que cumpre os padrões de qualidade (características químicas, físicas e biológicas) para a fabricação de malte e posterior fabricação de cerveja (BRASIL, 2011).

Já a cevada forrageira é aquela que não cumpre os padrões de qualidade para ser utilizada na fabricação de malte e cerveja e, portanto é destinada a alimentação animal.

5.1.1.2 Época de Semeadura

A cevada pode ser classificada quanto a sua época de semeadura. Denomina-se cevada de inverno aquela na qual é semeada no inverno. Na Europa a semeadura ocorre em meados de setembro (KUNZE, 1999). Já no Brasil, a semeadura de cevadas de inverno acontece nos meses de maio e junho e será colhida por volta dos meses de outubro e novembro (ZSCHOERPER, 2009).

Denomina-se cevada de verão aquelas na qual são semeadas na primavera ou início do verão. Na Europa essa semeadura se dá por volta dos meses de março e abril (KUNZE, 1999). Já no Brasil não é comum semear cevada de verão (ZSCHOERPER, 2009).

As cevadas de inverno apresentam um maior rendimento no campo quando comparadas com as de verão. As de inverno rendem aproximadamente seis toneladas por hectare, enquanto as de verão rendem em torno de quatro toneladas por hectare. Isso se deve, obviamente pelo tempo mais curto de crescimento da cevada de verão (KUNZE, 1999).

5.1.1.3 Posicionamento dos grãos na espiga

A cevada pode ser classificada quanto ao seu posicionamento na espiga de duas maneiras: cevada de seis fileiras e cevada de duas fileiras.

A cevada de seis fileiras (*Hordeum hexastichum*) é aquela que na espiga da cevada apresenta, em cada nó, seis flores que serão todas fecundadas e darão origem a seis fileiras na espiga (TSCHOPE, 1999). A cevada de seis fileiras produz grãos com tamanhos desiguais, pois os grãos não possuem espaço suficiente para um crescimento total (KUNZE, 1999). Portanto essa cevada se caracteriza por possuir grãos de tamanhos menores e mais achatados, além de um teor protéico maior quando comparada com a cevada de duas fileiras (ZSCHOERPER, 2009).

Já a cevada de duas fileiras é aquela onde somente as flores centrais das duas fileiras são fecundadas, o que resulta num crescimento simétrico dos grãos (ZSCHOERPER, 2009). É considerada preferencialmente como cevada cervejeira, pois possui relativamente maiores quantidades de amido, casca mais fina e menores quantidades de substâncias fenólicas e amargas (KUNZE, 1999).

A figura 1 ilustra a diferença entre a planta de cevada de duas e de seis fileiras.

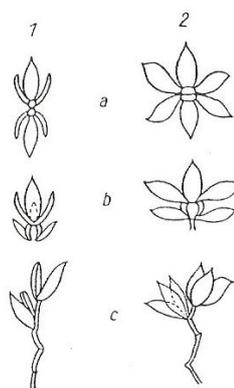


Figura 1. Cevada de duas e seis fileiras: (1) Cevada de duas fileiras, (2) Cevada de seis fileiras, (a) Visão superior, (b) Visão frontal e (c) Visão lateral. Fonte: KUNZE (1999).

A cevada de duas fileiras ainda pode ser subdividida em dois grupos: cevada de haste ereta e cevada de haste curva (ZSCHOERPER, 2009).

A cevada de haste ereta (*Hordeum distichum erectum*) não apresenta características favoráveis para a produção de malte, por isso não é cultivada (ZSCHOERPER, 2009). Já a cevada de haste pendente ou curva (*Hordeum distichum nutans*) é cultivada em larga escala, pois apresenta uma espiga menos adensada, oferecendo mais espaço para o desenvolvimento dos grãos e conseqüentemente grãos mais uniformes. Essa espiga de cevada permanece pendente durante a maturação no campo (TSCHOPE, 1999).

A figura 2 apresenta cevada do tipo pendente e cevada do tipo ereta.

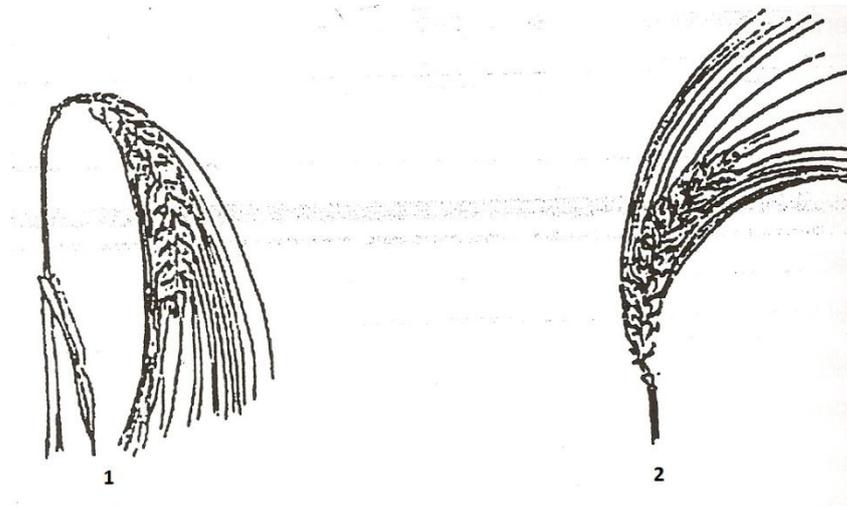


Figura 2. Cevada pendente e cevada ereta: (1) Pendente e (2) Ereta. Fonte: Tschope (1999).

5.1.2 Variedades de Cevada

Dentro de cada tipo de cevada que foi mencionada anteriormente, existem inúmeras variedades, cada uma delas com características próprias adaptadas as condições locais de cada região para a fabricação de malte (MALTEUROP, 2011).

Na Convenção Cervejeira Européia (European Brewery Convention) existem cerca de 300 variedades de cevadas de verão, 100 variedades de cevada de inverno de duas fileiras e cerca de 100 variedades de cevada de inverno de seis fileiras que estão registradas (KUNZE, 1999). No Brasil esse número é um pouco menor, mas tem-se hoje na região sul do Brasil registrado pela Embrapa, apenas na safra 2009/2010, dez variedades diferentes de cevada (BRASIL, 2011).

Trabalha-se sempre com variedades diferentes de cevada na hora da malteação, nunca se mistura as variedades num mesmo lote. Para se obter um malte bom e uniforme é necessário usar sempre a mesma variedade num mesmo lote e que essa variedade seja a mais pura possível. Desta maneira a qualidade do malte será melhor (KUNZE, 1999).

No momento em que se planta a cevada procura-se sempre plantar as variedades puras, pois dessa maneira a cevada crescerá obtendo bons parâmetros de qualidade, como por exemplo, terá maior resistência a doenças e pragas no campo, absorverá mais nutrientes, apresentará maior capacidade germinativa, formará mais enzimas, entre outros (KUNZE, 1999).

5.1.3 **Morfologia do grão de cevada**

O grão de cevada apresenta em sua parte interna três elementos fundamentais, que são: embrião, endosperma e envoltório (ZSCHOERPER, 2009).

5.1.3.1 *Embrião*

O embrião representa a parte viva do grão. É o embrião que, durante o processo de malteação, irá germinar dando origem as raízes principais e secundárias. É através do embrião que se origina uma nova planta de cevada. O embrião é de fundamental importância para o processo de malteação, pois se o grão está morto, jamais poderá germinar e, portanto jamais se obterá malte de cevada (ZSCHOERPER, 2009).

O embrião fica localizado na parte inferior do grão, ou seja, na base ou parte dorsal. A parte dorsal separa-se do endosperma através de uma fina camada denominada escutelo e por células epiteliais, das quais possuem uma parede celular muito fina (KUNZE, 1999).

Na figura 3 pode-se observar o embrião (1), a acrospira (2), o escutelo (4) e camada de células epiteliais (5). As células epiteliais têm a função de fornecer nutrientes oriundos do endosperma para o embrião (TSCHOPE, 1999).

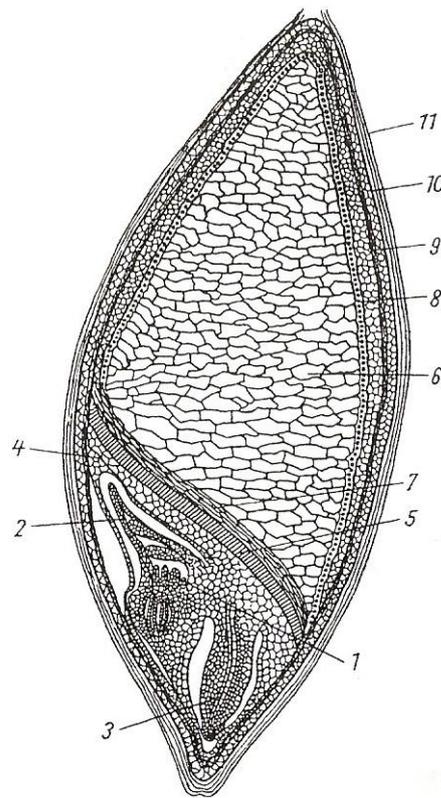


Figura 3. Corte longitudinal do grão de cevada: (1) Embrião, (2) Acrospira rudimentar, (3) Radícula rudimentar, (4) Escutelo, (5) Epitélio, (6) Endosperma, (7) Células vazias, (8) Camada de aleurona, (9) Testa, (10) Pericarpo e (11) Cascas. Fonte: KUNZE (1999).

O embrião de cevada representa 3 a 4% do peso do grão (isento de água) e contém aproximadamente 10% de proteínas, 25% de lipídeos, 10% de sacarose e 5% de minerais tais como fósforo e potássio (TSCHOPE, 1999).

5.1.3.2 *Endosperma*

O endosperma ou corpo farinhoso ou ainda tecido de reserva encontra-se logo acima do embrião e constitui-se para esse como uma reserva de nutrientes. O endosperma é formado principalmente por células de amido (6 na figura 3) que estão envoltas por uma camada de células vivas, constituídas de proteínas e matérias graxas, denominada de camada de aleurona (8 na figura 3) (TSCHOPE, 1999).

A principal substância de reserva hidrocarbonada é o amido que foi formado pelo processo de fotossíntese e depositado sob forma de pequenos grânulos. Esses grânulos de amido são envoltos por uma membrana de hemi-celulose e protoplasma. Os espaços intercelulares são preenchidos por substâncias protéicas (ZSCHOERPER, 2009).

Enquanto o embrião está vivo as substâncias do endosperma são hidrolisadas, transformadas e consumidas pela respiração do embrião ou quando utilizadas para a síntese de novas células (ZSCHOERPER, 2009).

O metabolismo do grão é acelerado quando este é hidratado. Sinais hormonais são enviados a camada de aleurona que fazem com que uma série de enzimas comece a hidrolisar as cadeias do material contido no endosperma. Esses nutrientes migram até o embrião e são metabolizados por este, promovendo o seu crescimento. No processo de malteação ocorre esse mesmo tipo de hidrólise e consumo de nutrientes, porém este processo é interrompido quando atingi-se um certo nível desejado, através de secagem dos grãos, que irá cessar a atividade enzimática e conseqüente interrupção da germinação (ZSCHOERPER, 2009).

5.1.3.3 *Envoltório*

O envoltório do grão é constituído por duas camadas: interna e externa. Estas duas camadas estão abaixo da casca. A parte externa, denominada pericarpo se sobrepõe a parte interna, denominada testa (10 e 9 na figura 3, respectivamente). A testa é semipermeável, permitindo somente a passagem de água e retendo substâncias de peso molecular elevado (TSCHOPE, 1999). Íons e microrganismos não conseguem passar para o embrião e endosperma e as substâncias solúveis no interior do grão são retiradas pela membrana (ZSCHOERPER, 2009).

O objetivo do envoltório é proteger o embrião. Durante o período da colheita até o final da malteação, o envoltório possibilita que a parte interna do grão se mantenha úmida, protege contra impactos e abrasões e barra a entrada de insetos e microrganismos (ZSCHOERPER, 2009).

No envoltório encontram-se substâncias como polifenóis, lipídeos e ácido silícico que podem ser prejudiciais ao paladar da cerveja (TSCHOPE, 1999).

5.1.4 **Composição química da cevada**

Segundo Kunze (1999), a cevada possui cerca de 14 à 15% de umidade, em média. Já segundo Zschoerper (2009), a umidade do grão de cevada varia de 12 à 20% e para Tschope (1999) a cevada é composta por 10 à 20% de água, o restante, de 80 à 90% do grão é composto por matéria seca.

De acordo com Kunze (1999), de maneira geral, o grão de cevada seco possui a seguinte composição que pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2: Composição do grão de cevada seco

Composto	%
Carboidratos totais	70,0 - 85,0
Proteínas	10,5 - 11,5
Matéria Inorgânica	2,0 - 4,0
Lipídeos	1,5 - 2,0
Outras substâncias	1,0 - 2,0

Fonte: Adaptado de KUNZE (1999).

5.1.4.1 *Carboidratos*

Os carboidratos compõem a classe mais importante dos compostos da cevada e são esses compostos que irão influenciar fortemente no processo de malteação e na qualidade do produto final (KUNZE, 1999). As propriedades dos carboidratos impactam na escolha da tecnologia a ser empregada nos grãos de cevada (FINCHER, 1993).

Os carboidratos na cevada são encontrados sob a forma de amido, celulose, hemicelulose e açúcares (TSCHOPE, 1999).

5.1.4.1.1 Amido

O amido compõe cerca de 50 a 63% da cevada e é o componente mais importante do grão. O amido ($C_6H_{10}O_5$) é formado no lento amadurecimento do grão de cevada, através da fotossíntese na assimilação e conseqüente condensação da glicose ($C_6H_{12}O_6$) (KUNZE, 1999). O objetivo do acúmulo de amido no grão de cevada é possuir uma reserva energética para o embrião, tal reserva será – utilizada quando houver um período de desenvolvimento, ou seja, a germinação, até que a nova planta consiga suprir sua necessidade energética através da fotossíntese (TSCHOPE, 1999). O amido fica armazenado no grão sob forma de grânulos nas células do endosperma (KUNZE, 1999).

Os grânulos de amido são constituídos por dois componentes: amilose e amilopectina (TSCHOPE, 1999). Ambos constituem os grânulos de amido e são formados por resíduos de glicose, porém diferem muito entre si, em relação ao tamanho, a maneira como são degradados durante o processo de malteação e brassagem, entre outros (KUNZE, 1999).

A amilose é o menor componente do amido e possui cadeias longas de ligações α - (1 - 4). Normalmente quando se refere a amilose, costuma-se classificá-la como um composto de cadeia linear, porém ela apresenta algumas ramificações, mas claro que, são menores quando comparadas com as da amilopectina (FINCHER, 1993). De acordo com Tschope (1999) a amilose representa de 17 a 24% do amido total da cevada e de acordo com Zschoerper (2009) possui tamanho menor que 10 μ m de diâmetro. A amilose é solúvel em água (KUNZE, 1999).

A amilopectina é o componente de maior tamanho do amido, possuindo de 15 a 25 μ m de diâmetro (ZSCHOERPER, 2009). A amilopectina possui predominantemente ligações α - (1 - 4) porém também possui ligações do tipo α - (1 - 6) e é insolúvel em água (FINCHER, 1993).

5.1.4.1.2 Celulose

A celulose, assim como a amilose é um composto de cadeia longa, porém suas ligações são do tipo β - (1 - 4), o que torna a molécula espacialmente diferente e assim torna a celulose insolúvel em água. As enzimas presentes no malte não conseguem quebrar essas cadeias, assim a celulose não sofre nenhuma alteração no processo de malteação (KUNZE, 1999).

A celulose é encontrada principalmente na casca da cevada, mas pode ser encontrada também, em quantidades reduzidas, no embrião, pericarpo e testa (ZSCHOERPER, 2009). A celulose tem função estrutural. Analiticamente ela é determinada como fibra bruta (TSCHOPE, 1999).

5.1.4.1.3 Hemicelulose

A hemicelulose é o principal constituinte das paredes das células que constituem o endosperma. Sua principal função é dar sustentação e resistência às paredes celulares (KUNZE, 1999).

5.1.4.1.4 β -glicanos

Os β -glicanos são formados por longas cadeias não ramificadas de glicose, unidas por ligações β – (1,3) (26%) e ligações β - (1,4) (74%) (TSCHOPE, 1999). As ligações β fazem com que as moléculas não formem espirais, como as moléculas de amilose e sim formam longas cadeias extensas (KUNZE, 1999).

Os β -glicanos também são denominados substâncias gomosas, o que influencia diretamente na viscosidade do mosto (etapa do processo de produção de cerveja) e conseqüentemente na viscosidade da cerveja, ou ainda dificultando os processos de filtração durante todo o processo de produção de cerveja (TSCHOPE, 1999). Por isso segundo Zschoerper (2009) é muito importante a degradação dos β -glicanos durante o processo de malteação. A decomposição dos β -glicanos durante a malteação pode se dar de um nível inicial de 3,0 a 4,5% para 0,2 a 1,0% (TSCHOPE, 1999).

A quantidade de β -glicanos na cevada varia em relação as condições de cultivo e da variedade da mesma (ZSCHOERPER, 2009).

5.1.4.1.5 Pentosanas

As pentosanas são formadas por cadeias longas com ligações β - (1,4) de xilose e arabinose (TSCHOPE, 1999). Podem até ser hidrolisadas durante o processo de malteação, porém a influência das pentosanas no processo de fabricação de cerveja é insignificante quando comparado aos β -glicanos (KUNZE, 1999).

5.1.4.1.6 Açúcares

Os carboidratos de baixo peso molecular (solúveis), tais como sacarose, rafinose, maltose, glicose e frutose, são encontrados na cevada em quantidades reduzidas (ZSCHOERPER, 2009). Existe cerca de 1,8 a 2,0% de açúcares na cevada e estes representam produtos metabólicos transportáveis, normalmente usados no início do crescimento da planta. Devido ao estágio de repouso do grão na colheita, pequenas quantidades de produtos catabólicos estão presentes no grão (KUNZE, 1999).

5.1.4.2 *Proteínas*

As proteínas constituem apenas de 8 a 15% (base seca) da composição total do grão de cevada, porém as proteínas exercem papel importante na qualidade do produto final

(SHEWRY, 1993). A quantidade de proteína na cevada está relacionada com as condições do solo, com as condições climáticas, o tipo de cultivar, entre outras (STEINER, 2011).

Segundo estudos realizados por Osborne (1924) a proteína na cevada pode ser classificada em quatro diferentes grupos em relação a sua solubilidade em soluções aquosas: glutelinas, prolaminas, globulinas e albuminas. Esses quatro grupos são a base para modernos estudos de proteínas em grãos (SHEWRY, 1993).

As glutelinas compõem cerca de 30% da proteína total da cevada e se caracterizam por solubilização em soluções alcalinas diluídas. Encontram-se principalmente na camada de aleurona. Já as prolaminas constituem em torno de 37% do teor protéico da cevada e se caracteriza por dissolução em álcool 80%. As globulinas constituem 15% da proteína da cevada e são solúveis em soluções diluídas de sal. E por último as albuminas que compõem aproximadamente 11% da proteína da cevada é solúvel em água pura (KUNZE, 1999).

O teor protéico da cevada encontra-se na camada de aleurona, na periferia do endosperma e no próprio endosperma (ZSCHOERPER, 2009).

A quantidade de proteína no decorrer do processo de malteação e de produção de cerveja diminui, pois a proteína é transformada enzimaticamente em compostos menores (KUNZE, 1999).

5.1.4.3 *Lipídeos*

Os lipídeos constituem cerca de 2% do conteúdo total da cevada. Esses lipídeos encontram-se na forma de ácidos graxos, tais como ácido linoléico (58%), ácido palmítico (20%), ácido oléico (13%), ácido linoléico (8%) e ácido esteárico (ZSCHOERPER, 2009).

Os ácidos graxos podem influenciar nas características organolépticas da cerveja, pois podem prejudicar a ação da levedura no processo de fermentação da cerveja (ZSCHOERPER, 2009).

5.1.4.4 *Material inorgânico*

Na cevada existe cerca de 2 a 3% de material mineral, dos quais a maioria se apresenta sob forma de compostos inorgânicos: fosfatos (35%), silicatos (25%) e sais de potássio (20%) (KUNZE, 1999).

Os fosfatos são liberados durante algumas reações que ocorrem durante o processo de malteação (KUNZE, 1999).

5.1.4.5 *Substâncias Fenólicas*

As substâncias fenólicas se localizam no pericarpo, camada de aleurona e em quantidades reduzidas na casca. Elas constituem cerca de 0,1 a 0,3% da composição da cevada (ZSCHOERPER, 2009).

Alguns compostos fenólicos presentes na casca da cevada podem atuar como inibidores de germinação, portanto é muito importante a etapa de limpeza dos grãos (maceração, pois a água consegue remover esses compostos) (ZSCHOERPER, 2009). Os compostos fenólicos podem determinar um sabor amargo na cerveja (KUNZE, 1999).

5.1.4.6 *Enzimas*

O grão de cevada por si só possui certa quantidade de enzimas, o que é natural se tratando de um grão. Porém essas enzimas se encontram em pequenas quantidades. A maior parte do conteúdo enzimático do malte terá origem durante todo o processo de malteação (KUNZE, 1999).

Podem ser encontradas na cevada enzimas tais como α -amilase e β -amilase. A α -amilase encontra-se predominantemente no endosperma e a β -amilase no pericarpo (HARRIS, 1962). Enzimas citolíticas, como por exemplo β -glicanases e enzimas proteolíticas também estão presentes na cevada, porém em pequenas quantidades (KUNZE, 1999).

As diversas variedades de cevada possuem valores diferentes entre si em relação ao conteúdo enzimático, por exemplo, uma cevada de seis fileiras possui uma quantidade maior de enzimas do que as variedades de duas fileiras (HARRIS, 1962).

As enzimas exercem papel fundamental para a fabricação de cerveja, pois são elas as responsáveis pela transformação das substâncias insolúveis estocadas no endosperma da cevada em substâncias solúveis durante o processo de malteação e de produção de cerveja (KUNZE, 1999).

5.1.5 **Análises Na Cevada**

Para a utilização de cevada na fabricação de malte esta deve possuir características qualitativas de uma cevada cervejeira (ZSCHOERPER, 2009).

Normalmente essas características cervejeiras são avaliadas no momento de compra de cevada para a indústria de malte. Algumas análises são realizadas no grão para determinar se

esse cumpre os requisitos necessários para o processo de malteação. A qualidade da cevada irá impactar diretamente na qualidade do malte e da cerveja com ele produzido (KUNZE, 1999).

Atualmente existem métodos complexos de análise de cevada, aonde o comprador da cevada irá somente analisar os resultados desses testes para tomar a decisão de compra ou não da cevada. Porém muitas vezes, durante a safra de cevada, momento onde a cevada é comprada, não existe tempo hábil para realizar todas as análises necessárias, por isso o comprador deve fazer análises manuais e visuais na cevada para tentar estimar a qualidade da mesma (MEREDITH, 1962).

5.1.5.1 *Análises visuais e manuais*

Para uma primeira avaliação da cevada, costuma-se fazer uma análise manual e visual, o que significa uma avaliação da aparência da parte externa do grão (KUNZE, 1999). Incluem-se nessa avaliação características tais como tamanho e plenitude dos grãos, maturidade, espessura e cor da casca (MEREDITH, 1962). Essas análises manuais irão ajudar na avaliação final da qualidade da cevada, porém para uma completa análise não se pode desconsiderar as análises físico-químicas e fisiológicas.

Em relação a cor e brilho da cevada esta deve apresentar cor amarelo palha, aparência uniforme e brilhosa (ZSCHOERPER, 2009). Se o grão está com cor esverdeada, isso significa que o grão foi colhido precocemente, e aqueles grãos que apresentam coloração cinzenta e sem brilho significa que devem ter sofrido danos pela chuva (KUNZE, 1999).

Normalmente, quando os grãos apresentam baixa qualidade isso está associado a grãos finos e com a casca enrugada (MEREDITH, 1962). São desejáveis cascas finas e lisas (ZSCHOERPER, 2009), ou ainda levemente enrugadas. Quando o grão não está bem maduro, sua casca é mais espessa (KUNZE, 1999).

Outro fator que se pode avaliar é o cheiro da cevada. Este deve possuir cheiro de palha. Se o cheiro for de mofo, isto indica a infestação de microrganismos (ZSCHOERPER, 2009) e ainda que a cevada não foi devidamente armazenada. Cheiros de terra também podem estar associados a mofo (KUNZE, 1999).

Em relação a umidade, deve-se colocar os grãos na mão e espremê-los e estes devem soltar da mão facilmente, o que indica que o teor de umidade está de acordo com o desejado

para o processo de malteação. Se os grãos grudarem na mão, significa um alto teor de umidade nos grãos (KUNZE, 1999).

5.1.5.2 *Análises físico- químicas*

5.1.5.2.1 Classificação

A análise de classificação é a mais importante análise física que se faz na cevada e essa análise é de rápida e fácil execução (KUNZE, 1999). Essa análise determina a forma e o tamanho na totalidade dos grãos que compõem o lote em análise (ZSCHOERPER, 2009).

A análise é feita em peneiras vibratórias subjacentes de furos de 2,8mm, 2,5mm e 2,2mm respectivamente. Toda a cevada que ficar retida nas duas primeiras peneiras denomina-se cevada de primeira qualidade (ZSCHOERPER, 2009). A cevada que passar pela primeira e segunda peneira, porém ficar retida na terceira é denominada cevada de segunda qualidade (KUNZE, 1999). Já a matéria que passar por todas as peneiras é denominada refugo (ZSCHOERPER, 2009).

Para um lote de cevada ser considerado próprio para o processo de malteação, o valor de primeira qualidade deve ser igual ou maior que 85%. Quando esses valores são iguais ou maiores que 95% tem-se cevada tipo Premium (KUNZE, 1999).

5.1.5.2.2 Peso hectolítrico

O peso hectolítrico representa o peso, em quilogramas, de 100 litros (1 hectolitro) de cevada (KUNZE, 1999). Na prática o peso hectolítrico serve para determinação do preço da cevada para comercialização (CASEMG, 2011).

Como o componente mais importante do grão de cevada é o amido, que possui um maior peso específico quando comparado com os demais componentes, quanto maior o peso hectolítrico, maior o conteúdo de amido e melhor será o malte elaborado (TSCHOPE, 1999).

O peso hectolítrico da cevada cervejeira varia de 68 a 75 kg (TSCHOPE, 1999).

5.1.5.2.3 Teor de umidade

Existem vários métodos analíticos que podem ser utilizados para a determinação de umidade dos grãos, inclusive métodos rápidos (KUNZE, 1999). É importante conhecer o teor de umidade da cevada, pois a cevada só pode ser armazenada com umidade máxima de 13% (ZSCHOERPER, 2009).

5.1.5.2.4 Proteínas

O conteúdo de proteína na cevada é importante, pois esse irá impactar diretamente nos resultados de qualidade da cerveja (KUNZE, 1999). Por exemplo, para a fabricação de cervejas escuras necessita-se maior teor proteico e de cervejas claras, valores menores (TSCHOPE, 1999). A proteína dará origem a fonte de nutrientes do fermento na fermentação da cerveja assim como dará estabilidade para a espuma (ZSCHOERPER, 2009).

Os valores padrão para o teor proteico da cevada variam de 10,5 a 11,5% (ZSCHOERPER, 2009). O teor proteico é determinado através do método Kjeldahl ou métodos rápidos (KUNZE, 1999).

5.1.5.3 Análises fisiológicas

5.1.5.3.1 Capacidade Germinativa

A capacidade germinativa, ou poder germinativo representa a percentagem de grãos vivos numa amostra independente se os grãos estão em período de dormência ou não (KUNZE, 1999). De acordo com Tunes (2009) a dormência, fenômeno comum na natureza, é um período logo após a colheita onde as sementes não germinam devido a mecanismos internos, de natureza física ou fisiológica, que bloqueiam a germinação.

A determinação da capacidade germinativa é feita através do método rápido denominado Vitascope, que consiste na redução do sal incolor Tetrazolio para formação de coloração avermelhada. Essa reação é catalisada pelas oxido-redutases, ou seja, só ocorre em grãos vivos (grãos que ficam avermelhados estão vivos) (ZSCHOERPER, 2009).

Um valor padrão para capacidade germinativa é de 95% (TSCHOPE, 1999).

5.1.5.3.2 Energia Germinativa

A energia germinativa demonstra a percentagem de grãos que germinam sob condições normais de malteação, ou seja, mostra se os grãos já passaram pelo período de dormência. Esse teste fornece informações importantes a respeito da uniformidade da germinação que está associado às transformações esperadas no endosperma da cevada durante o processo de malteação (TSCHOPE, 1999).

O teste consiste em deixar os grãos germinando sob condições padronizadas durante 3 a 5 dias (ZSCHOERPER, 2009). Um alto valor de energia germinativa indica uma cevada saudável e o malte com ela produzido terá bons resultados de qualidade (KUNZE, 1999).

Valores padrões para energia germinativa após 3 dias é de 80% e após 4 dias 95% (ZSCHOERPER, 2009).

5.1.5.3.3 Sensibilidade à água

A análise de sensibilidade à água testa o potencial da cevada de germinar em um ambiente com excesso de água. Esse ambiente simula a etapa de maceração na produção de malte, onde a cevada irá passar por períodos de imersão em água (TSCHOPE, 1999). Esses valores darão informações ao malteador de como proceder durante o processo de malteação, quanto maior o valor de sensibilidade em água menor deverá ser o tempo de maceração submerso em água e vice-versa (KUNZE, 1999).

A análise de sensibilidade à água é muito similar a de energia germinativa, porém utiliza-se um volume de água superior (TSCHOPE, 1999).

5.2 ÁCIDO GIBERÉLICO

Ácido Giberélico é um fitohormônio, pertencente ao grupo das giberelinas. Originalmente foi descoberto pelos cientistas japoneses como um produto metabólico do fungo *Gibberella fujikuroi*. Os fitohormônios estão presentes naturalmente nas sementes das plantas e provocam efeitos de crescimento nas mesmas (MURAKAMI, 1970). A giberelina, junto com etileno, citocinina, ácido abscísico e auxina são considerados o grupo dos “cinco clássicos” hormônios (KENDE, 1997).

O processo de produção enzimática durante a malteação, ou seja, durante a germinação do grão de cevada, se dá em vários estágios. No estágio inicial, quando a água começa a entrar no grão, o metabolismo do mesmo é acelerado e dá-se início as sínteses proteicas. Nesse momento os hormônios naturais do grão aparecem para influenciar no desenvolvimento da planta (O'BRIEN, 2010).

Estudos mostram que o grão de cevada quando em contato com solução de ácido giberélico aumenta a produção de enzimas hidrolíticas (BRIGGS, 1984). Por essa razão adiciona-se junto a cevada, durante o processo de malteação, soluções de ácido giberélico (KUNZE, 1999). O ácido giberélico, além de aumentar a velocidade germinação e processos relacionados a germinação, aumenta a atividade da α – amilase e ainda reduz o tempo de germinação (PALEG, 1960). O ácido giberélico desencadeia a produção de enzimas dentro da camada de aleurona que posteriormente reagem com as células que dividem a camada de aleurona e o endosperma (O'BRIEN, 2010).

O ácido giberélico é comercializado sob forma de pó, de cor branca e cristalina. É usado na indústria em soluções aquosas e pode ser dissolvido em álcool ou acetona. Recomenda-se o uso de 0,03 a 0,08 gramas de ácido por cada tonelada de cevada (KUNZE, 1999).

5.3 HIDRÓXIDO DE SÓDIO E HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

Hidróxido de sódio ou hidróxido de cálcio são adjuntos da produção de malte e podem ser adicionados na etapa de maceração da cevada (ZSCHOERPER, 2009).

Utilizam-se soluções pouco concentradas de hidróxido de sódio (em torno de 0,05 a 0,1%) na primeira imersão dos grãos em água na etapa de maceração. Essa solução tem a finalidade de “limpar” os grãos e remover possíveis cheiros de mofo que o grão possa ter (BRIGGS, 1995).

De acordo com Schuster (1962) durante o processo de maceração, mesmo sem utilizar qualquer produto químico, certa quantidade de microrganismos aderidos a casca da cevada são eliminados através do contato do grão com a água e essa remoção pode ser mais eficiente quando utiliza-se processo de aeração. Porém quando a cevada utilizada está muito suja, utilizam-se soluções levemente alcalinas, como o hidróxido de cálcio. Essa solução além de remover a sujeira da cevada e possíveis cheiros de mofo, ajuda a remover certos constituintes indesejáveis da casca.

Podem-se utilizar soluções alcalinas mais fortes, como de hidróxido de sódio quando se tem uma cevada com maior quantidade de constituintes indesejáveis na casca, dessa maneira a remoção é maior. A concentração das substâncias alcalinas não deve ultrapassar a concentração de 0,1% e o período máximo de duração recomendado é de quatro horas (SCHUSTER, 1962).

6 PRÉ - PROCESSAMENTO DE MALTE

Antes do processamento propriamente dito da cevada em malte é necessário preparar a cevada. Esse preparo compreende a separação das impurezas e matérias estranhas da cevada através de equipamentos de limpeza, tais como peneiras oscilatórias (TSCHOPE, 1999). Após realiza-se secagem da cevada com o objetivo de reduzir a umidade do grão para o seu armazenamento, pois o grão pode ser colhido com até 20% de umidade e quanto maior a umidade do grão, maior sua taxa de respiração, mais oxigênio o grão produz liberando mais calor. Com o aumento da temperatura a cevada fica mais suscetível ao ataque de insetos e ao desenvolvimento de fungos (BRIGGS, 1995). Na figura 4 pode-se observar um diagrama que mostra as melhores condições de armazenamento para cevada em relação a temperatura e umidade.

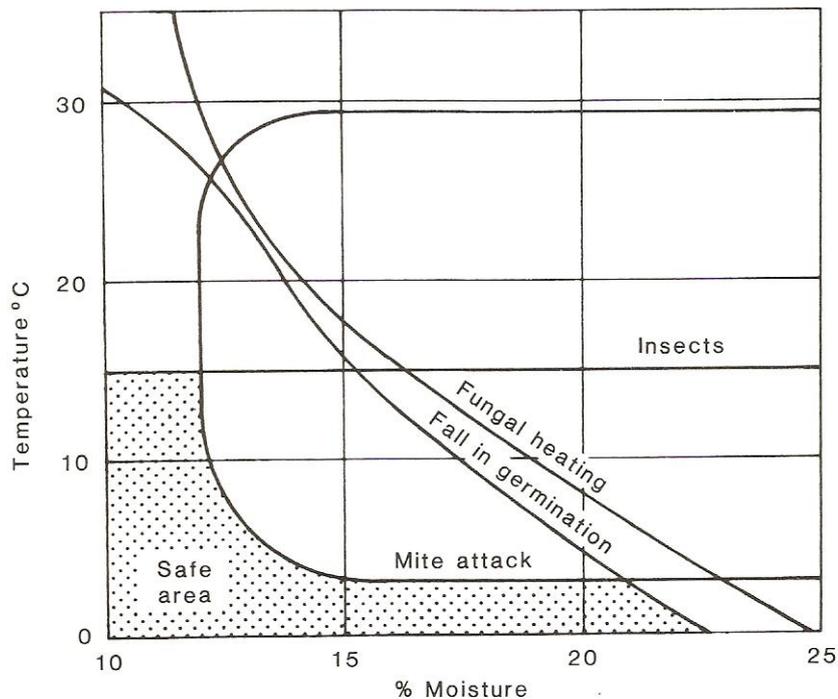


Figura 4. Condições de estocagem de grão em relação ao ataque de ácaros, insetos e fungos. Fonte: GIBSON (1989).

Por último, armazena-se a cevada e, antes de os grãos entrarem no processamento propriamente dito, faz-se a classificação da cevada (TSCHOPE, 1999).

7 PROCESSAMENTO DE MALTE

7.1 MACERAÇÃO

É na etapa de maceração que dá-se início ao processo de malteação da cevada. O processo de malteação é a germinação de cereais, executada num curto período de tempo e realizada em ambientes criados artificialmente. A etapa de maceração, ou molhamento, consiste em imergir em água a cevada que foi previamente limpada e classificada. O objetivo da maceração é elevar o teor de umidade da cevada até 35 – 45%, limpar a cevada e lixiviar substâncias indesejáveis presente na casca do grão (TSCHOPE, 1999). Se não elevar o teor de umidade da cevada os grãos jamais germinarão, pois eles só germinam a partir de um certo teor de umidade (ZSCHOERPER, 2009).

O processo de maceração só pode ser iniciado se a cevada não apresentar mais dormência, pois se alguma proporção de grãos apresentarem dormência a germinação será incompleta e os resultados da malteação estarão fora do esperado (SCHUSTER, 1962).

A operação de maceração é o estágio mais crítico da malteação, pois para se produzir maltes homogêneos é necessário atingir um mesmo teor de umidade em toda a massa de grãos. Muitos fatores influenciam a taxa de absorção de água pelo grão, por exemplo, no início da maceração o embrião e a casca absorvem água mais rapidamente do que o endosperma, logo a absorção de água pelo grão não é homogênea. Para cevadas que apresentam endosperma mais farinhento, ou seja, os grânulos de amido estão menos ligados a matriz proteica, a água durante a maceração irá difundir mais rapidamente do que em endospermas mais “apertados” (grânulos de amido estão mais ligados a matriz proteica). A temperatura da água é outro fator que influencia fortemente na quantidade de água que o grão irá absorver. Temperaturas mais elevadas facilitam a absorção de água pelo grão (BAMFORTH, 1993).

Quando o grão apresenta a camada de pericarpo fisicamente danificada, isso permite que a água penetre nessas partes danificadas, aumentando assim a taxa de absorção de água pelo

grão. Por essa razão tem-se empregado o tratamento por abrasão nos grãos para aumentar a absorção de água quando requerido (BAMFORTH, 1993).

A absorção de água pelo grão está relacionada também ao tempo de maceração, pois a absorção de água no início da maceração é maior e vai diminuindo com a aproximação do ponto de saturação (TSCHOPE, 1999). Isso pode ser observado na figura 5, onde mostra uma curva de maceração desenvolvida para água a temperatura de 10°C.

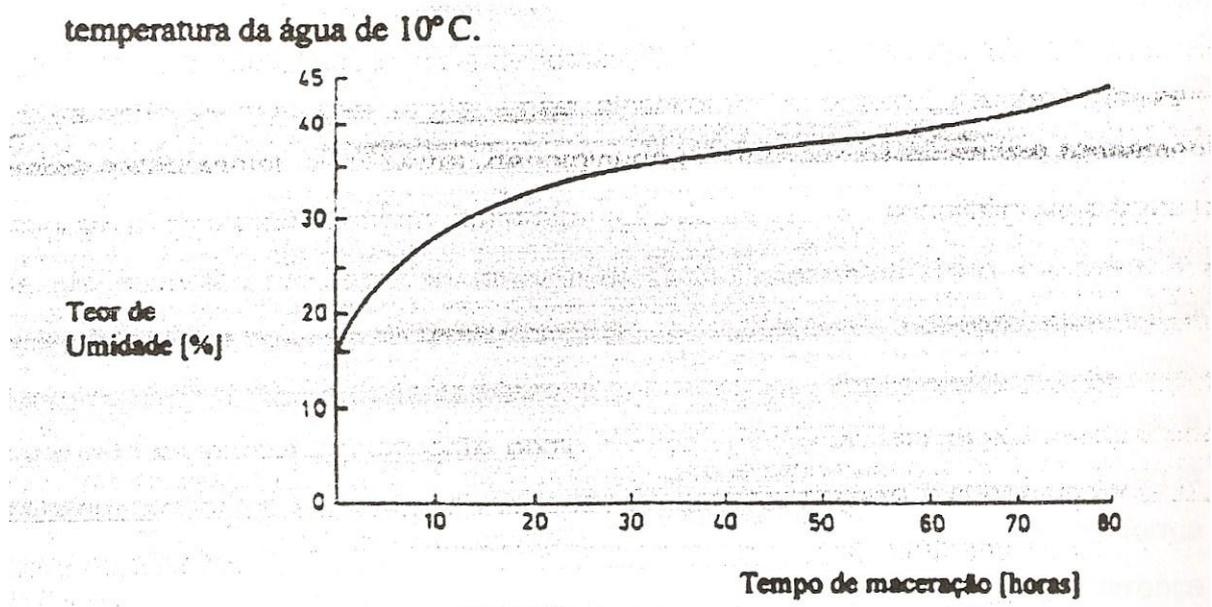


Figura 5. Gráfico do grau de maceração. Fonte: TSCHOPE (1999).

A etapa de maceração é realizada intercalando períodos onde os grãos ficam totalmente imersos na água e outros onde se drena a água, denominados períodos secos. Faz-se isso, pois estudos comprovam que dessa maneira a absorção de água pelo grão é maior do que se deixassem os grãos durante toda a maceração embaixo d'água (TSCHOPE, 1999).

7.1.1 Fornecimento de Oxigênio

Com o aumento da umidade nos grãos a taxa de respiração dos mesmos aumenta o que demanda uma maior quantidade de oxigênio para a cevada (ZSCHOERPER, 2009). Existe oxigênio dissolvido na água de maceração, porém com o aumento do metabolismo do grão, essa quantidade de oxigênio não é suficiente para suprir a necessidade dos grãos. Para aumentar essa disponibilidade de oxigênio na água bombeia-se ar comprimido (KUNZE, 1999).

Se não fornecer oxigênio para os grãos eles irão trabalhar sob condições anaeróbicas e vão entrar em processo de fermentação, produzindo gás carbônico e etanol, pois há

disponibilidade de carbono. Se os grãos ficarem expostos a essa condição por muito tempo, ocorrerá acúmulo de etanol na massa de grãos o que prejudicará a germinação e poderá levar a morte dos grãos (BRIGGS, 1995).

Atualmente, procura-se reduzir ao máximo o tempo de maceração imerso em água e aumentar o contato dos grãos com o ar, ou seja, períodos secos. Como gás carbônico é formado na respiração dos grãos e esse tende a ficar entre os grãos, indo para a parte inferior dos equipamentos de maceração, esse deve ser succionado para não matar os grãos (KUNZE, 1999).

7.1.2 Grau de Maceração

O conteúdo de umidade do grão após a maceração, ou seja, a quantidade de água absorvida pelo grão durante a maceração pode ser determinado. Este é chamado de grau de maceração e é expresso em porcentagem (KUNZE, 1999).

É muito fácil a determinação do grau de maceração, basta pesar-se uma determinada quantidade de cevada antes e depois do processo de maceração. Na prática, coloca-se 100 gramas de cevada, com umidade conhecida, antes da maceração num recipiente de metal perfurado ou em sacos de malha. Esse recipiente irá acompanhar o lote de maceração (ZSCHOERPER, 2009). No final da maceração remove-se esse recipiente, tira-se o excesso de água e pesa-se numa balança analítica. O aumento da massa é a quantidade de água que o grão absorveu (KUNZE, 1999).

Exemplo: está se macerando 100 gramas de cevada com umidade inicial de 16%. Após o processo de maceração, essa cevada está pesando 150 gramas, o que significa que ela absorveu 50 gramas de água, o que resulta então em 66 gramas de água ao total (50 gramas absorvidas mais 16 gramas que já tinham na cevada inicialmente). Como queremos obter o resultado em porcentagem, faz-se uma regra de três simples, onde 150 gramas de cevada possuem 66 gramas de água, 100 gramas de cevada terá x. O resultado desse grau de maceração é 44% (KUNZE, 1999).

7.1.3 Limpeza dos grãos

Embora já tenha-se removido o pó e as sujidades presentes junto aos grãos de cevada, sempre há sujidades aderidas a casca. Durante a molhagem essas impurezas acabam sendo removidas e transferidas para a água de maceração (KUNZE, 1999). As impurezas mais leves são removidas através da água de transbordo (ZSCHOERPER, 2009).

7.1.4 Equipamentos de Maceração

Para realizar a maceração usa-se funis de maceração, que na verdade são equipamentos cilindro-cônico, ou seja, sua seção transversal é cilíndrica, mas a parte inferior tem forma cônica para facilitar a retirada completa da cevada macerada. O ângulo de inclinação da parte cônica é de 40 e 60° para descargas úmidas e secas, respectivamente. A capacidade máxima de um macerador varia de 50 a 60 toneladas de cevada seca. Normalmente, são construídos em aço carbono com pintura especial, aço inoxidável ou em concreto (TSCHOPE, 1999). Geralmente, os equipamentos de maceração ficam localizados num nível acima das caixas de germinação. O maior inconveniente do funil de maceração é a deficiência no abastecimento de oxigênio na região de transição do corpo cilíndrico para o funil. Outro problema é que os grãos de cevada localizados na parte inferior do funil, durante o período seco tem suprimento de oxigênio comprometido em função da água que escoar para a parte inferior do funil (KUNZE, 1999). Na figura 6 pode-se observar esquematicamente um funil de maceração.

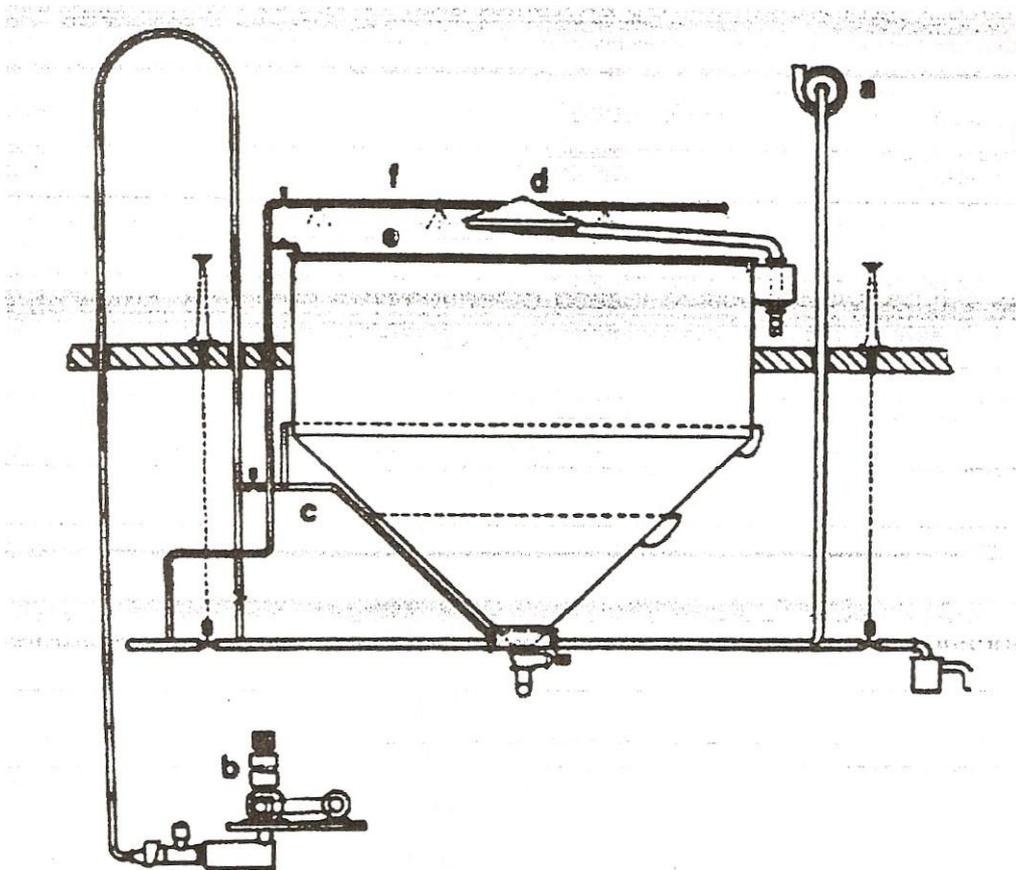


Figura 6. Funil de maceração: (a) Ventilador para aspiração de gás carbônico, (b) Compressor de ar, (c) Tubulação para o suprimento de ar comprimido, (d) Separador de água, (e) Anel para limpeza com água e (f) Anel para aspersão de água.

Fonte: TSCHOPE (1999).

Por meados da década de 70 desenvolveu-se um novo equipamento de maceração, denominado flat bottom, ou fundo plano, que como o próprio nome diz, o macerador possui fundo reto, com seção transversal cilíndrica. Esse novo design proporciona uma uniformidade de distribuição dos grãos em toda profundidade do mesmo e a aeração e a retirada de gás carbônico é mais eficiente em toda a massa de grãos (GIBSON, 1989).

O fundo do flat bottom é constituído de uma chapa de metal perfurada, como uma peneira (KUNZE, 1999). Abaixo dessa peneira há um espaço vazio de 0,5 metros. Por essa razão consome-se mais água nesse tipo de equipamento do que nos funis de maceração, cerca de 20 a 30% mais. Porém outra vantagem desse equipamento é que a cevada pode ser transferida para a germinação seca, não necessitando água para o transporte (GIBSON, 1989).

Flat bottom costuma ter um diâmetro de 13 metros e possuem capacidade para macerar 200 toneladas de cevada seca (GIBSON, 1989). Na figura 7 pode-se observar esquematicamente um flat bottom.

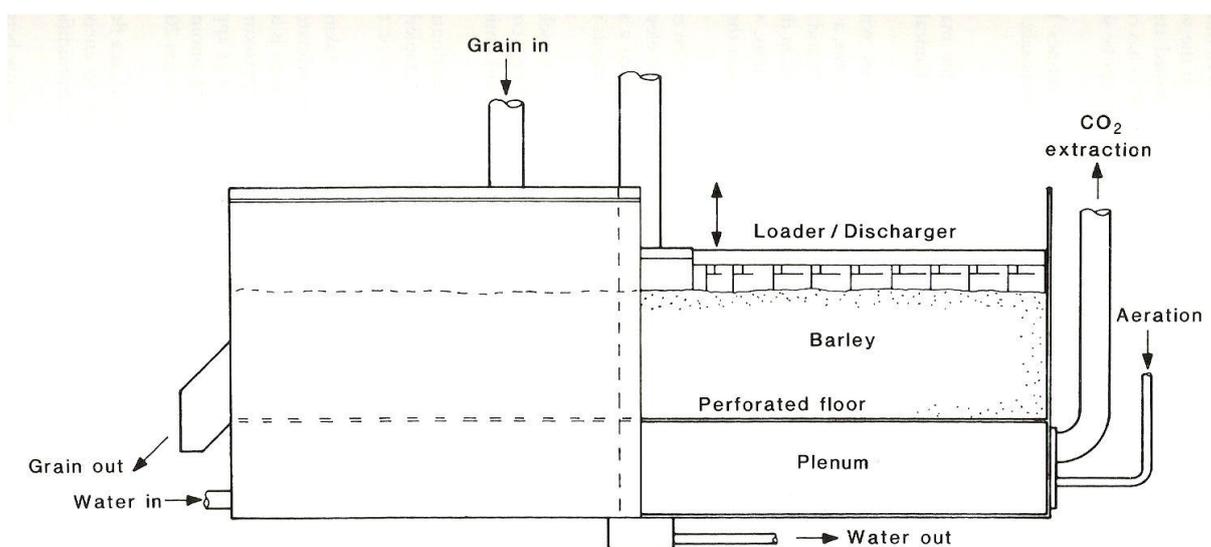


Figura 7. Seção transversal de um flat bottom. Fonte: GIBSON (1989).

7.2 GERMINAÇÃO

O processo de germinação nada mais é do que a transformação de uma semente em uma nova planta. Para se dar início a germinação precisa-se primeiramente aumentar o teor de umidade do grão e após fornecer oxigênio e calor suficiente. Primeiramente, o embrião usa suas reservas energéticas como fonte de alimento, pois ainda não possui clorofila. Para que consiga utilizar essas reservas energéticas é necessária a atuação enzimática para o desdobramento de determinadas substâncias (TSCHOPE, 1999).

Na germinação artificial, que se realiza nas maltarias, o objetivo não é obter uma nova planta, mas sim aproveitar as transformações naturais em favor a tecnologia (TSCHOPE, 1999). O principal objetivo da germinação é a produção de enzimas, processo natural do grão durante a germinação, que irão atuar no processo de produção de cerveja e também durante o processo de germinação (KUNZE, 1999). Se objetiva durante a germinação gerar o máximo possível de material extraível através da modificação do endosperma pela ação enzimática (BAMFORTH, 1993).

Para se iniciar a germinação o grão necessita aumentar sua umidade para cerca de 44 a 46%, por essa razão macera-se os grãos antes da germinação (TSCHOPE, 1999).

Durante o processo de germinação precisa-se controlar o nível de umidade dos grãos, pois a umidade se transfere do malte verde, ou seja, grãos de cevada já germinando, para o ar ambiente. Os grãos perdem cerca de 0,5% de umidade por dia, portanto é necessário repor essa umidade. Normalmente, se repõe umidade através de aspersão de água sobre os grãos (BAMFORTH, 1993).

Outro controle que se faz durante a germinação é o controle da temperatura. Normalmente, germinam-se os grãos numa faixa de temperatura de 16 a 20°C. A germinação se dá mais rápido a temperaturas mais elevadas, criando raízes e enzimas mais rapidamente. Porém quando se germina a temperaturas mais baixas e, portanto mais devagar, a quantidade de enzimas que se forma é maior. Portanto costuma-se usar altas temperaturas no início da germinação e depois baixa-se a temperatura até o final da germinação, assim resulta-se uma quantidade de enzimas suficiente (BAMFORTH, 1993).

Durante a germinação perde-se em torno de 4% de matéria seca da cevada, devido a respiração do grão. As taxas de respiração do grão podem ser controladas durante a germinação através do controle de temperatura (BAMFORTH, 1993). Outro fator que gera perda durante a germinação é a formação de radícula, pequenas raízes que vão se formando e aumentando seu tamanho com o desenvolvimento do grão. Essas pequenas raízes serão removidas dos grãos após a etapa de secagem (TSCHOPE, 1999).

O processo de respiração dos grãos acaba liberando calor e aquecendo a massa de grãos. Para que a temperatura dos grãos não se eleve muito, passa-se ar entre os grãos para diminuir essa temperatura. O ar é resfriado através de um trocador de calor. Esse ar acaba ajudando também na oxigenação dos grãos para que eles se mantenham vivos e não sejam inibidos pela formação de dióxido de carbono. Porém como há formação de raízes durante a germinação,

essas raízes acabam se aglomerando uma as outras e impossibilitando a passagem de ar entre a massa de grãos. Por isso deve-se movimentar os grãos, com uma frequência definida durante toda a etapa de germinação (BAMFORTH, 1993).

7.2.1 Transformações durante a germinação

7.2.1.1 Formação enzimática

As enzimas são produzidas durante a germinação por ação de hormônios que são distribuídos através da água que vai penetrando no grão. Esse hormônio é liberado no escutelo e distribuído por toda a camada de aleurona, na qual se dá a formação e liberação de enzimas. Esses hormônios são constituídos de ácido giberélico ou substâncias similares a ácido giberélico. Para estimular a formação de enzimas pode-se adicionar soluções de ácido giberélico durante o processo de germinação (KUNZE, 1999).

A formação das diferentes enzimas se dá em momentos diferentes, por exemplo, a β -glicanase é a primeira enzima a ser formada, após vem a α -amilase e por fim as proteases (KUNZE, 1999).

A α -amilase é sem dúvidas, a enzima mais importante para o processo de produção de cerveja, pois é ela quem irá degradar o amido durante a etapa de mosturação da cerveja. A α -amilase é formada a partir do segundo ao quarto dia de germinação. Por essa razão prolonga-se o tempo de germinação dos grãos para que uma quantidade suficiente de α -amilase seja formada (KUNZE, 1999).

A β -amilase já se encontra presente no grão de cevada, por isso no início da germinação sua concentração cai, aumentando a partir do segundo dia de germinação onde se inicia a formação da enzima até o terceiro dia de germinação (KUNZE, 1999). A formação tanto de α -amilase quanto de β -amilase depende de alguns fatores, tais como a variedade da cevada, tamanho dos grãos (grãos maiores formam mais amilases), teor de umidade, temperatura de germinação, entre outros (TSCHOPE, 1999).

As demais enzimas, como as citolíticas, proteolíticas entre outras, já estão presentes na cevada em menor quantidade. A partir de terceiro e quarto dia elas são formadas (KUNZE, 1999).

7.2.1.2 Transformações de substâncias reservas

Paralelamente a formação enzimática, essas mesmas enzimas agem sobre o corpo farinhoso do grão, desdobrando as substâncias reservas de alto peso molecular em produtos de baixo peso molecular, ou seja, solúveis em água. Através da água presente no grão, essas substâncias são transportadas até o embrião onde será usada como fonte de energia e para a síntese de novos tecidos como radícula e folículo (TSCHOPE, 1999).

Durante o processo de germinação a dissolução mais importante é a dos componentes da parede celular do amido, ou seja, hemiceluloses e β -glicanos. Essa dissolução se dá pelo complexo enzimático citase. A ação dessas enzimas é a condição primordial para que os outros grupos enzimáticos tenham acesso ao interior das células para realizarem os desdobramentos específicos. Deseja-se que todos os componentes da parede celular sejam quebrados durante a germinação, para que a solubilização completa do corpo farinhoso se dê durante o processo de mosturação, etapa da produção de cerveja. Assim as enzimas, formadas durante o processo de germinação, irão atuar sobre o amido (TSCHOPE, 1999).

Durante o processo de germinação costuma-se observar visualmente se a dissolução da parede celular aconteceu esfregando um grão que está em processo de germinação entre os dedos. Se o grão espalhar-se facilmente entre os dedos já se pode parar a germinação e passar o malte verde para a próxima etapa do processo: secagem (BAMFORTH, 1993). Normalmente ao esfregar o grão entre os dedos, se o grão estiver totalmente dissolvido formará um traço como se fosse giz, sem formar torrões (TSCHOPE, 1999).

Em torno de 35 a 45% das proteínas presentes no grão de cevada são desdobradas em substâncias solúveis durante o processo de germinação através da ação das peptidases. Como parte das substâncias proteicas é utilizada na síntese dos tecidos das radículas, existe uma diminuição no teor proteico no malte de 0,1 a 0,3% em relação a cevada (TSCHOPE, 1999).

7.2.2 Equipamentos de germinação

Atualmente a grande maioria das maltarias é constituída de equipamentos de germinação mecânicos, porém antigamente, e ainda pode-se encontrar, germinava-se a cevada diretamente no chão (GIBSON, 1989).

O local onde germina-se os grãos são chamados de caixas de germinação, que podem ter formato retangular ou redondo (KUNZE, 1999).

As caixas de germinação retangulares normalmente são construídas de tijolo ou concreto, possuem um fundo perfurado para a passagem de ar, abaixo desse fundo existe um espaço vazio para que o ar passe e seja igualmente distribuído em toda a massa de grãos (GIBSON, 1989). Essas caixas são construídas para ter capacidade de germinação de 5 a 300 toneladas de cevada. Normalmente, dispostas lado a lado (KUNZE, 1999). Na figura 8 pode-se ver esquematicamente como é uma caixa de germinação.

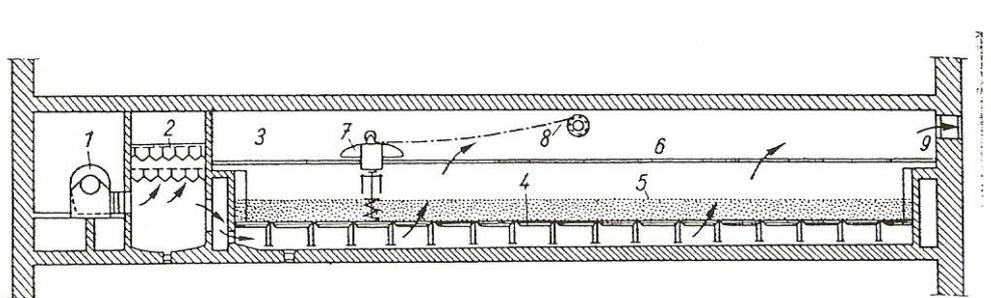


Figura 8. Caixa de germinação: (1) Sala do ventilador, (2) Câmara de umidificação, (3) Sala da caixa de germinação, (4) Suporte para o leito de grãos, (5) Cevada germinando, (6) Trilho suporte para revolvedora, (7) Suporte da revolvedora, (8) Cabo e (9) Duto de exaustão de ar. Fonte: KUNZE (1999).

O equipamento que se usa para movimentar os grãos e fazer com que eles não fiquem aglomerados e possibilite a passagem de grão, chama-se revolvedora e é constituído de hélices que rotam em direções opostas (KUNZE, 1999). Na figura 9 pode-se ver o desenho esquemático de uma revolvedora.

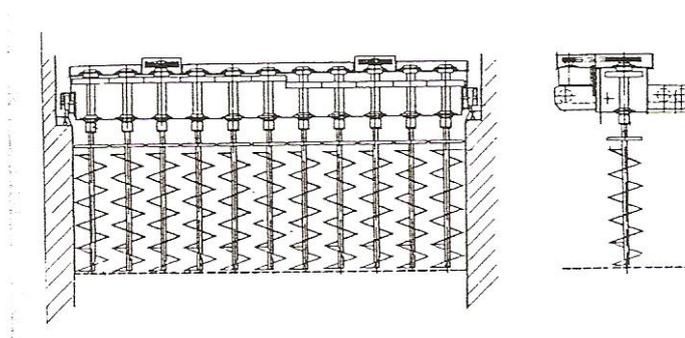


Figura 9. Revolvedora. Fonte: KUNZE (1999).

As caixas de germinação circulares possuem capacidade de germinar uma maior quantidade de cevada, cerca de 500 toneladas. Acredita-se que esse tipo de germinador ofereça mais vantagens, porém como a movimentação dos grãos se dá através de revolvedor com rotação radial, os custos de manutenção para esse tipo de equipamento é maior e tem-se acesso ao equipamento para realizar as manutenções somente entre cada lote, ou seja, quando

a caixa encontra-se vazia (GIBSON, 1989). Na figura 10 encontra-se uma caixa de germinação circular mostrando sua seção transversal.

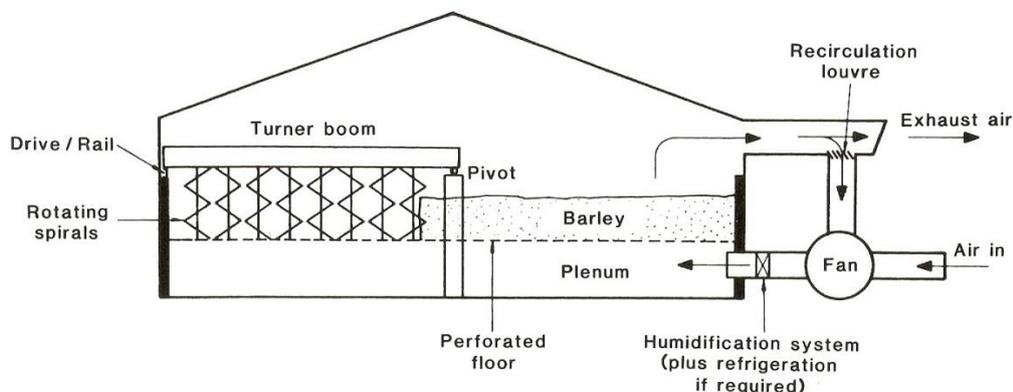


Figura 10. Caixa de germinação circular. Fonte: GIBSON (1989).

Normalmente, as caixas de germinação circulares são dispostas em torres, ou seja, uma sobre as outras (KUNZE, 1999).

7.3 SECAGEM

7.3.1 Princípios de secagem

A etapa de secagem do malte verde consiste na passagem de ar quente entre a massa de grãos, em diferentes taxas e com aumento da temperatura até que os grãos fiquem secos (BRIGGS, 1995). Com a secagem encerra-se o processo vital dos grãos (KUNZE, 1999). Desta maneira o malte se torna estável e armazenável (BRIGGS, 1995).

A secagem inicia-se normalmente com um rápido fluxo de ar a temperaturas mais baixas e quando há uma redução suficiente do conteúdo de umidade, aumenta-se a temperatura do ar que passa pela massa de grãos (BRIGGS, 1995). A etapa de secagem é a etapa que mais consome energia em todo o processo de malteação, cerca de 90% da energia total requerida (GIBSON, 1989). Segundo Bamforth (1993) a secagem de malte se dá em quatro etapas: a primeira, a temperaturas mais baixas, entre 50 e 60°C, onde reduz-se a umidade do malte verde para próximo de 23%; após a umidade do malte é reduzido até 12% onde o ar quente que passa entre os grãos tem sua temperatura elevada e o fluxo de ar reduzido; a terceira etapa diminui a umidade de 12% para 6% e nessa etapa a umidade relativa do ar cai muito, o que permite que o ar possa ser recirculado; e na quarta etapa o malte pode ser “curado”, ou seja, aumenta-se a temperatura do ar para uma faixa de 80 à 110°C dependendo do tipo de malte que se deseja produzir.

Durante o processo de secagem as características do malte se modificam, pois altera-se a cor do malte, aumenta-se o aroma e sabor assim como a quantidade de polifenóis extraíveis (BRIGGS, 1995). Tudo isso ocorre, pois acima de 80°C moléculas de baixo peso molecular, hidrolisadas pela ação enzimática durante a germinação reagem. Essas reações são complexas e muitas relacionadas a reação de Maillard. Um dos principais produtos dessas reações é a melanoidina, que é formada a 100°C a partir de açúcares e aminoácidos, que possui um sabor aromático e cor marrom (KUNZE, 1999).

Existem vários tipos de maltes e eles diferem um dos outros pelas suas características de sabor e aroma. O que irá definir o tipo de malte basicamente depende do estágio em que o malte verde foi submetido a secagem assim como do tempo e temperatura durante a secagem utilizada (BRIGGS, 1995).

Durante a secagem um alto teor enzimático é desnaturado devido a exposição a altas temperaturas, o que causa redução do teor de enzimas no malte. Enzimas como α -glicosidases são inativadas a 45°C, já β -glicanase e β -amilase são inativadas a 80°C e enzimas mais estáveis como as α -amilases e endopeptidases são inativadas a temperaturas superiores a 90°C. Muitas vezes escolhe-se secar o malte a baixas temperaturas e um fluxo de ar alto para que os grãos consigam se resfriar rápido, não ficando muito tempo exposto ao calor e perdendo o mínimo teor enzimático possível (BRIGGS, 1995).

O processo de secagem faz com que as radículas percam água e com isso fiquem mais frágeis, o que facilita o processo de retirada delas do malte e dessa maneira não fornecerão um amargor indesejável a cerveja que será fabricada (TSCHOPE, 1999).

Após o término da secagem o malte precisa ser resfriado, dentro da própria estufa, para que se evite uma perda enzimática, alteração da cor do malte e do paladar da cerveja. Para isso reduz-se a temperatura até, aproximadamente, 35°C, o que demora em torno de 30 a 40 minutos dependendo do tipo de estufa (ZSCHOERPER, 2009).

7.3.2 Equipamentos de secagem

Para realizar a secagem do malte verde este deve entrar em contato com fluxo de ar quente (KUNZE, 1999). De acordo com Kunze (1999) e Tschope (1999) existem dois tipos de aquecimento do ar que entrará em contato com a massa de grãos: o aquecimento direto ou indireto. O aquecimento direto do ar consiste no aquecimento de ar ambiente através de uma

fonte de calor, normalmente a combustão de gases ou queima de carvão ou madeira. Esse ar que se aquece irá entrar em contato com os grãos e aquece-los, fazendo com que percam umidade. Esse sistema direto de troca de calor possui muitas desvantagens, pois o malte acaba adquirindo mau cheiro proveniente dos produtos da combustão que se aderem ao malte, o que implica diretamente na qualidade do mesmo (KUNZE, 1999).

Atualmente, é mais comum empregar-se o método de aquecimento de ar indireto, que consiste no aquecimento do ar ambiente, que irá passar dentro de uma tubulação metálica e irá trocar calor com o ar que passa ao redor dessas tubulações. Dessa maneira o ar com produtos de combustão, indesejáveis ao malte, não entrarão em contato e não o contaminarão. Em maltarias mais modernas costuma-se utilizar água quente ou vapor de água para trocar calor com o ar que entrará em contato com os grãos (KUNZE, 1999).

Os diversos secadores de malte verde são classificados em estufa horizontal de um, dois ou três planos, ou estufa vertical com vários módulos de secagem (TSCHOPE, 1999). As estufas horizontais, ou de um plano, são as mais utilizadas, atualmente, se caracterizando pela alta camada de malte verde de 0,6 m a 1,5 m de altura (ZSCHOERPER, 2009). Possui capacidade para secar de 250 a 500 kg de produto/m² e o malte verde não precisa ser revolvido, pois a secagem se dá de baixo para cima e a secagem pode durar de 18 a 20 horas (TSCHOPE, 1999). Na figura 11 pode-se observar o funcionamento de uma estufa de um plano.

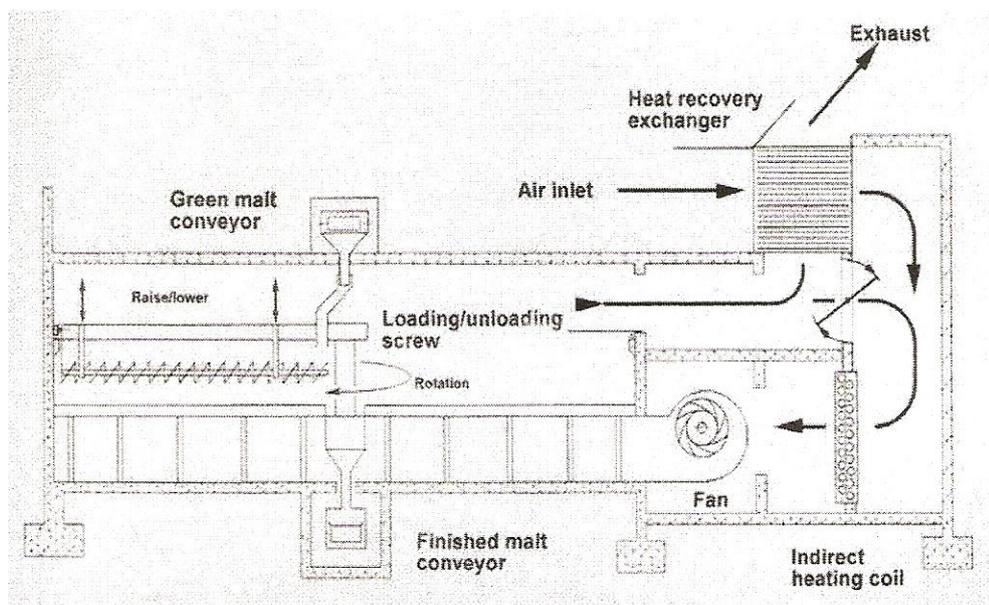


Figura 11. Secador de um plano. Fonte: Zschoerper (2009).

As estufas de dois planos são constituídas por dois pisos de secagem sobrepostos com o objetivo de aproveitar o máximo o ar de secagem (TSCHOPE, 1999). Uma desvantagem desse tipo de estufa, encontradas principalmente em maltarias mais antigas, é que o malte deve ser espalhado primeiramente sobre todo plano superior e como não existe tecnologias para isso, o trabalho é feito todo manualmente e após quando se faz a transferência para o plano inferior, para terminar-se a secagem, espalha-se novamente o malte de maneira manual (KUNZE, 1999).

As estufas de dois planos demoram em média o dobro do tempo para efetuar a secagem quando comparadas com a de um plano. No plano superior leva-se em média 18 horas para reduzir a umidade até 10 a 15% e no plano inferior mais 18 horas para reduzir a umidade até 4 a 5%. Isso ocorre porque no plano superior a temperatura não ultrapassa os 50°C (ZSCHOERPER, 2009).

7.4 DESBROTAMENTO DE MALTE

O desbrotamento do malte, ou limpeza, consiste na retirada das radículas, pequenas raízes, que se formaram durante o processo de germinação (ZSCHOERPER, 2009). É importante a retirada dessas radículas, pois elas apresentam características higroscópicas o que favorece a absorção de água pelas radículas e um conseqüente aumento da umidade do malte, além de fornecer um gosto amargo a cerveja (TSCHOPE, 1999).

Os equipamentos que se utilizam para realizar o desbrotamento são denominados roscas degerminadoras ou máquinas de degerminação. As roscas degerminadoras normalmente são constituídas de um helicóide do tipo remo no qual os grãos são pressionados contra uma calha perfurada, quebrando assim as radículas. Roscas sem fim removem essas radículas que caem no fundo do equipamento (KUNZE, 1999). Pode-se observar o funcionamento desse equipamento na figura 12.

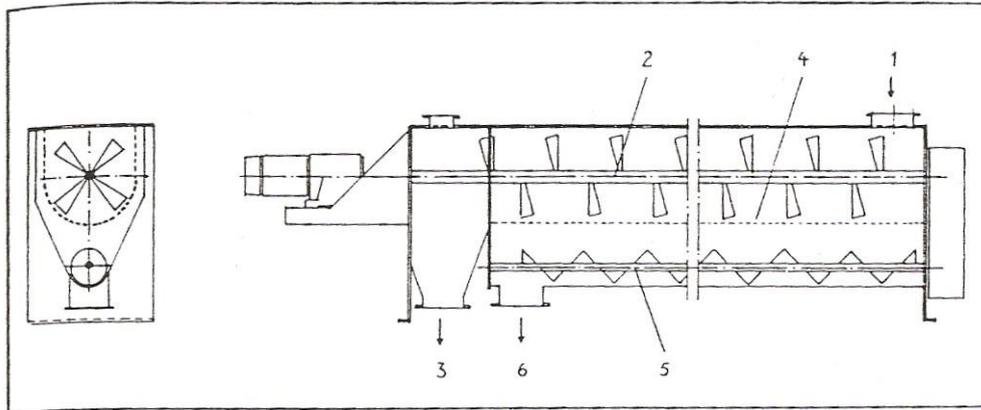


Figura 12. Rosca degerminadora: (1) Entrada de malte, (2) Remo degerminador, (3) Saída do malte, (4) Tela, (5) Rosca transportadora e (6) Saída de radículas. Fonte: KUNZE (1999).

As máquinas de degerminação são constituídas de um cilindro giratório em chapa de aço perfurado na qual internamente encontra-se um batedor especial movimentando-se numa velocidade superior a do cilindro promovendo o atrito entre os grãos e conseqüente quebra e desprendimento das radículas, que passam através dos furos das peneiras (TSCHOPE, 1999). Na figura 13 encontra-se um desenho esquemático de uma máquina degerminadora.

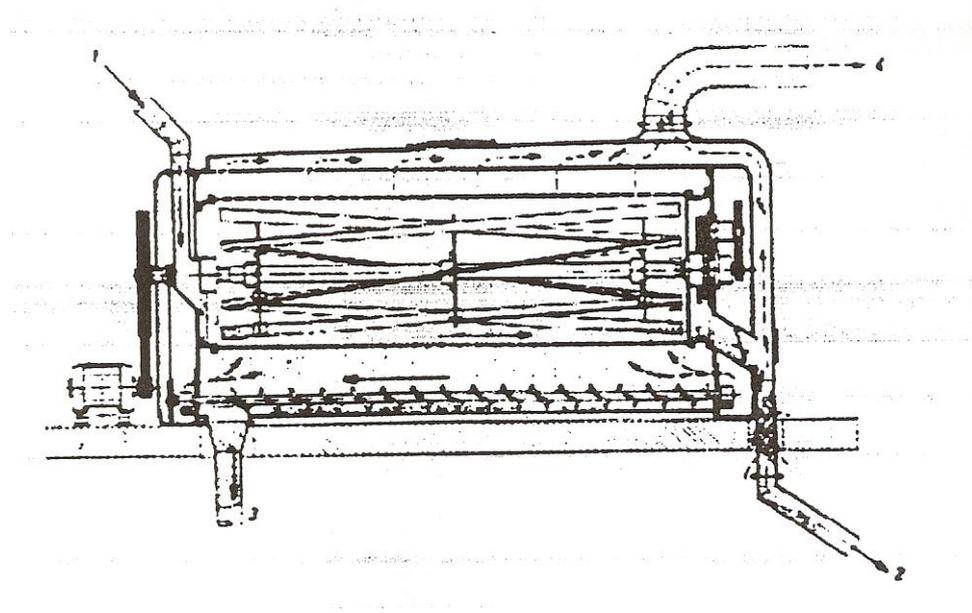


Figura 13. Máquina degerminadora: (1) Entrada do produto, (2) Saída do malte degerminado, (3) Saída das radículas, (4) Aspiração do ar empoeirado. Fonte: TSCHOPE (1999).

8 AVALIAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS DO MALTE

Determinar as características do malte é muito importante, pois fornece informações de como se deu o processo de malteação assim como será o impacto da qualidade do malte no processo de fabricação de cerveja (TSCHOPE, 1999).

De acordo com Zschoerper (2009) e Kunze (1999) a qualidade do malte é avaliada usando-se métodos analíticos oficiais e padronizados tais como a EBC (European Brewery Convention), a ASBC (American Society of Brewery Chemists), a MEBAK (Middle European Brewery Analysis Commission) e IOB (Institute of Brewing).

As avaliações das características do malte são compostas por análises físico-químicas, sensoriais e fisiológicas (KUNZE, 1999).

8.1 CLASSIFICAÇÃO DE MALTE

Essa análise se procede da mesma maneira como é feita para a cevada. A primeira qualidade do malte deve estar em torno de 85% (KUNZE, 1999). Para Tschope (1999) normalmente os valores de primeira qualidade são maiores que 90%. Quanto maior a primeira qualidade do malte, maior será sua porcentagem de extrato (TSCHOPE, 1999).

8.2 PESO HECTOLÍTRICO

O peso hectolítrico também se determina da mesma maneira como é determinado para a cevada porém o seu resultado não tem tanta importância quanto tem para a cevada (KUNZE, 1999). Os valores padrões para o malte são de 48 a 62% (TSCHOPE, 1999).

8.3 GRÃOS VITROSOS OU VITRIFICAÇÃO

Determina o quanto o grão está vítreo (KUNZE, 1999). Se o grão está vítreo significa que ele não sofreu modificações durante o processo de malteação (POLLOCK, 1962). A análise é feita cortando-se longitudinalmente o grão (KUNZE, 1999). Se faz uma análise visual, se o

endosperma estiver uniformemente branco e opaco, significa que o malte foi bem dissolvido. Já se o endosperma apresentar desuniformidade, a parte vítrea se apresentará translúcida (POLLOCK, 1962).

Valores comuns e padrões para o malte é ter no máximo 2% de grãos vitrificados (TSCHOPE, 1999).

8.4 UMIDADE

Essa análise determina a percentagem de água no malte. O método empregado é o mesmo que se utiliza para determinação na cevada (KUNZE, 1999).

Valores padrões de umidade para o malte estão em torno de 3 a 5% para maltes claros e de 1 a 4% para maltes escuros. A água é um componente sem valor comercial, portanto quanto menor for a umidade no malte, melhor (TSCHOPE, 1999).

8.5 HARTONG 45°C

Hartong 45°C ou índice de Hartong é uma análise realizada moendo-se o malte finamente e submetendo-o a processo de mosturação, etapa da fabricação de cerveja, porém a 45°C por uma hora. Após determina-se o extrato obtido dessa mosturação. O índice de Hartong representa o rendimento máximo dessa moagem a 45°C, ou seja, mostra o potencial enzimático do malte e a dissolução proteica. Valores aceitáveis para esse índice é entre 36 a 41% (TSCHOPE, 1999).

8.6 ANÁLISES FEITAS A PARTIR DO MOSTO CONGRESSO

Para o cervejeiro é importante saber a composição do mosto, produto de uma etapa do processo de fabricação de cerveja, fornecido por determinado malte (TSCHOPE, 1999). Para isso, faz-se em escala laboratorial o mosto congresso, idêntico ao processo efetuado na cervejaria e analisa-se alguns parâmetros, tais como nitrogênio solúvel, odor do mosto, pH, índice de Kolbach, entre outros (KUNZE, 1999). As principais análises, do ponto de vista do cervejeiro, serão explicadas a seguir (ZSCHOERPER, 2009).

8.6.1 Extrato

Essa análise determina o potencial do malte em fornecer açúcares fermentáveis e compostos de nitrogênio (POLLOCK, 1962). Essa análise representa o máximo de extrato que

se pode obter do malte quando moído finamente (ZSCHOERPER, 2009). Quanto maior o valor do extrato do malte, melhor (KUNZE, 1999).

O extrato do malte dará condições para o cervejeiro analisar o rendimento da sala de brasagem (etapa do processo de fabricação de cerveja). O valor padrão para o extrato é de no mínimo 80,5% (ZSCHOERPER, 2009).

8.6.2 Diferença de Extrato

A diferença de extrato é o valor obtido da diferença do extrato quando feito a partir de malte finamente moído e de moagem grossa. Quanto menor é essa diferença mais modificações sofreu o malte durante o processo de fabricação (ZSCHOERPER, 2009).

8.6.3 Cor de Cocção

Para determinar a cor de cocção, ferve-se o mosto por duas horas e verifica-se a cor. A cor é determinada em unidades EBC (KUNZE, 1999). A informação do valor da cor de cocção é muito importante, pois ela dará características em relação a cor que a cerveja tende a ter (TSCHOPE, 1999).

A cor de cocção é resultado da combinação da germinação do malte com a intensidade da secagem. O valor padrão para a cerveja pilsen é de 6,0 EBC. Se os valores de cor de cocção foram muito baixos, esses podem ser corrigidos na cervejaria com a adição de corantes a base de caramelo (ZSCHOERPER, 2009).

8.6.4 Análise de Nitrogênio livre (FAN - Free Amino Nitrogen)

De acordo com Kunze (1999) e Tschope (1999), o FAN representa a parcela nitrogenada de baixo peso molecular, na qual estão inseridos todos os aminoácidos do mosto que podem ser assimilados pelas leveduras durante o processo de fermentação da cerveja para permitir a multiplicação das mesmas.

Se expressa o resultado de FAN em miligramas por litro presente no mosto. Valores aceitáveis ficam em torno de 160 mg/l (ZSCHOERPER, 2009).

8.6.5 Nitrogênio Solúvel

Representa a quantidade de nitrogênio que foi solubilizado no processo de mosturação (TSCHOPE, 1999). Normalmente existe cerca de 0,55 a 0,75% de nitrogênio solúvel na substância seca do malte (KUNZE, 1999). Esse valor pode ser expresso também em

miligramas por 100 gramas de malte isento de água, o que representa 550 a 750 mg/100g (TSCHOPE, 1999).

Valores altos de nitrogênio solúvel podem originar problemas de estabilidade coloidal na cerveja e baixo rendimento na fabricação. Já valores baixos podem acarretar problemas de fermentação em função da nutrição das leveduras, formando cervejas “vazias” e com problemas na espuma (ZSCHOERPER, 2009).

8.6.6 Poder diastásico

O poder diastásico mede a atividade da α -amilase e β -amilase juntos, mas principalmente o da β -amilase (TSCHOPE, 1999). Existem métodos para determinação somente da α -amilase, que por diferença entre o poder diastásico se determina somente o total de atividade da β -amilase (ZSCHOERPER, 2009).

Valores padrão para o poder diastásico são no mínimo 220 WK e valores baixos podem gerar problemas na etapa de brasagem da cervejaria e valores muito elevados podem influenciar o grau de fermentação (ZSCHOERPER, 2009).

8.6.7 Beta-glicanos

Determina-se o total de beta-glicanos no mosto, pois este está relacionado diretamente com a viscosidade do mesmo e a possíveis problemas nas etapas de filtração do processo de cerveja. Valores usuais estão abaixo de 200 ppm (ZSCHOERPER, 2009).

8.6.8 Índice de Kolbach

O índice de Kolbach representa qual o percentual de nitrogênio total presente no malte foi dissolvido no mosto congresso (KUNZE, 1999). Esse índice nos mostra o quanto as proteínas do malte foram hidrolisadas pelas enzimas proteolíticas (ZSCHOERPER, 2009).

9 TIPOS DE MALTES PROVINIENTES DE CEVADA

Diversos tipos de malte podem ser obtidos apenas variando características da cevada escolhida para malteação ou etapas do processo de malteação, como a umidade e temperatura no processo de maceração, germinação e secagem ou ainda com o uso de aditivos como o ácido giberélico (ZSCHOERPER, 2009).

No Brasil, de acordo com a Portaria nº 166 de abril de 1977 do Ministério da Agricultura, existem quatro tipos de malte: malte tipo Pilsen, malte tipo Munique, malte tipo Caramelo e malte tipo Preto ou torrado.

De acordo com Zschoerper (2009) o malte pilsen é o malte mais comum que pode-se encontrar e com o qual se pode produzir todos os estilos de cervejas.

Para Kunze (1999) o malte Munique é um malte escuro, feito a partir de cevada com alto teor proteico, com uma germinação mais intensa com temperaturas elevadas. Utiliza-se para produção de cervejas do tipo Scottish Ales, Dark Lagers e demais onde se deseja obter aroma maltado acentuado (ZSCHOERPER, 2009).

O malte caramelo apresenta uma extensa gama de cores (ZSCHOERPER, 2009). Essa coloração é obtida com um aumento na temperatura no final da germinação para acelerar a atividade enzimática e a quebra de compostos que durante a secagem irão sofrer reações que resultarão no aumento da cor (KUNZE, 1999). O malte caramelo utiliza-se para a produção de cervejas onde deseja-se obter aromas caramelo (ZSCHOERPER, 2009).

Já o malte tipo preto ou torrado utiliza-se para a produção de cervejas escuras. Esse malte é obtido através da torrefação do malte tipo pilsen em temperaturas em torno de 200°C por período de duas horas (KUNZE, 1999).

10 ESPECIFICAÇÕES DE MALTE

De acordo com Tschope (1999) as especificações dos diferentes tipos de malte utilizados pela indústria cervejeira são mostradas na tabela 3.

Tabela 3: Especificações de Malte Cervejeiro

Características Específicas	Malte Pilsen		Malte Munique	Malte Caramelo	Malte Torrado
	2 Fileiras	6 Fileiras			
Umidade [%]	<5,0	<5,0	<5,0	<4,5	<4,5
Extrato Moagem Fina [%]	>80,0	>79,5	>79,0	>75,0	>65,0
Diferença de Extrato [%]	<2,0; 2,5	<2,0; 2,5	<2,5	-	-
Poder Diastásico [WK]	>200; 250	>280	-	-	-
Sacarificação [min]	<15	<15	<30	-	-
Proteínas Totais [%]	>10 <11,5; 12	>10 <11,5; 12	<12,5	<12,5	-
Nitrogênio Solúvel [mg/100g]	650-820	650-850	<1.000	-	-
Índice de Kolbach [%]	38-44	38-46	<50	-	-
FAN [mg/100g]	>130	>130	-	-	-
Cor de Mosto [unidades EBC]	<3,5; 4,0	<3,5; 4,0	10-20	100-150	1.200-1.500
Cor de Cocção [unidades EBC]	<6,0; 8,0	<6,0; 8,0	-	-	-
Viscosidade do Mosto [mPa.s]	<1,6	<1,6	-	-	-
Filtração [minutos]	<60	<60	-	-	-
Hartong 45°C [%]	>37	>37	-	-	-
pH do mosto	5,6-6,0	5,6-6,0	>5,4	-	-
Friabilidade [%]	>75; 80	>75	>70	-	-
Grãos Vitrosos [%]	<2,0; 2,5	<2,0; 2,5	-	-	-
Primeira Qualidade [%]	>90,0	>85,0	>90,0	-	-
Refugo [%]	<2,0	<2,0	<2,0	-	<2,0

Grãos Estranhos [%]	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5
Insetos [insetos/kg]	0	0	0	-	-
β- Glicanos [%]	<250	<250	-	-	-

Fonte: Adaptado de TSCHOPE (1999).

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O malte é uma das principais matérias-primas da fabricação de cerveja. Apesar de produzir-se cerveja há muitos anos, o processo de malteação da cevada, de maneira geral, ainda é muito artesanal.

A otimização do processo de malteação ainda está muito concentrada na experiência dos malteadores que detêm o conhecimento de como agir durante a fabricação de cada lote de malte para se obter um produto final mais homogêneo e com características favoráveis ao processo de fabricação de cerveja.

Os grãos de cevada são seres vivos, que respiram, possuem reações metabólicas e por essa razão deve-se tomar um cuidado especial durante todo o processo de fabricação de malte, diferentemente de outros processos da indústria de alimentos, pois a malteação está diretamente relacionado com a vida dos grãos. Para que a transformação da cevada em malte ocorra, é necessário que o grão mantenha-se vivo desde a colheita até a fase final da germinação.

Desse trabalho pode-se concluir que é importante se ter o conhecimento sobre a principal matéria-prima empregada, cevada, pois suas características físicas e fisiológicas, além da avaliação da qualidade, irão influenciar diretamente no processo de produção de malte e ajudarão o malteador a tomar decisões em relação ao planejamento de produção.

Também conclui-se que os equipamentos e tecnologias empregadas no processo de fabricação de malte variam bastante e por essa razão é importante conhecer o objetivo de cada etapa do processo e o funcionamento de cada equipamento para conseguir otimizar ao máximo o processo de produção e agregar qualidade ao produto.

Conclui-se ainda que é de fundamental importância para os cervejeiros conhecer e interpretar as avaliações realizadas no malte, pois essas análises trazem informações de como o malte se comportará na etapa de mosturação do processo de produção de cerveja e também

traz informações para o malteador de como o processo de malte se desempenhou. Com essas análises pode-se planejar melhor o processo de malteação, melhorando a qualidade do malte e consequentemente a qualidade das cervejas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAMFORTH, C. W. "Malting technology and the uses of malt" in MACGREGOR, A. W (org). **Barley chemistry and technology**, Minnesota, Usa: American Association Os Cereal Chemists, Inc., 1993. 486p.

BOULTON, C.; QUAIN, D. **Brewing yeast & fermentation**. London: Blackwell Publishing, 2006. 644 p.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução – CNNPA nº 12 de 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_malte.htm>. Acesso em: 25 jul. 2011.

BRASIL. **Embrapa**. Cevada. Disponível em <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/cevada/index.htm>>. Acesso em 15 ago. 2011.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Portaria nº 537, de 22 de novembro de 2010. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 13 ago. 2011.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Portaria nº 166, de 12 de abril de 1977. Disponível em: <http://www.claspar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/cevadamalte166_77.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2011.

BRIGGS, D. E. et al. **Malting and brewing science**. 2. ed. London: Chapman & Hall, 1995. 2 v.

BRIGGS, D. E.. Biochemistry of barley germination: action of gibberellic acid on barley endosperm. **Journal Of The Institute Of Brewing**, Surrey, England, p. 13-19. set. 1984.

CASEMG. **Amostragem de produtos.** Disponível em: <http://www.casemg.com.br/servicos/amost_index.htm>. Acesso em: 02 out. 2011.

FINCHER, G. B. "Carbohydrates of the barley grain" in MACGREGOR, A. W (org). **Barley chemistry and technology**, Minnesota, Usa: American Association Os Cereal Chemists, Inc., 1993. 486p.

GIBSON, George. "Malting plant technology" in PALMER, G.H. (org). **Cereal Science and Technology**, Scotland, UK: Aberdeen University Press, 1989. 463p.

HARRIS, G. "The enzyme content and enzymic transformation of malt" in COOK, A. H (org). **Barley and malt: biology, biochemistry, technology**, London, UK: Academic Press Inc., 1962. 740p.

KENDE, Hans; ZEEVAART, Jan A. D.. The Five "Classical" Plant Hormones. **The Plant Cell**, Michigan, v. 9, p.1197-1210, jul. 1997.

KUNZE, Wolfgang. **Technology brewing and malting**. 2. ed. Berlin: Vlb Berlin, 1999. 726 p.

MALTEUROP. **Cevadas para o fabrico de cerveja.** Disponível em: <<http://pt.malteurop.com/os-nossos-dominios/cevadas/cevadas-para-fabrico-de-cerveja>>. Acesso em: 07 set. 2011.

MEREDITH, W. O. S.; ANDERSON, J. A. "Evaluation of Malting Barley" in COOK, A. H (org). **Barley and malt: biology, biochemistry, technology**, London, UK: Academic Press Inc., 1962. 740p.

MURAKAMI, Yutaka. New Rice Seedling Test for Gibberellins—Microdrop Method. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Japão, v. 5, n. 2, p.5-9, abr. 1970.

O'BRIEN, Ricky; FOWKES, Nev; BASSOM, Andrew P.. Models for gibberellic acid transport and enzyme production and transport in the aleurone layer of barley. **Journal of Theoretical Biology**, Austrália, p. 15-21. 07 ago. 2010.

OSBORNE, T. B., **The vegetable protein**. London: Longmans, Green & Co, 1924.

PALEG, Leslie G.. Physiological effects of gibberellic acid II on starch hydrolyzing enzymes of barley endosperm. **Plant Physiology**, Austrália, p. 293-299. 30 abr. 1960.

POLLOCK, J. R. A. "The analytical examination of barley and malt" in COOK, A. H (org). **Barley and malt: biology, biochemistry, technology**, London, UK: Academic Press Inc., 1962. 740p.

POMILIO, Alicia B.; DUCHOWICZ, Pablo R.; GIRAUDO, Miguel A.. Amino acid profiles and quantitative structure–property relationships for malts and beers. **Food Research International**, Buenos Aires, Argentina, v. 43, p.965-971, 2010.

SCHUSTER, K. "Malting Technology" in COOK, A. H (org). **Barley and malt: biology, biochemistry, technology**, London, UK: Academic Press Inc., 1962. 740p.

SHEWRY, P. R. "Barley seed proteins" in MACGREGOR, A. W (org). **Barley chemistry and technology**, Minnesota, Usa: American Association Os Cereal Chemists, Inc., 1993. 486p.

STEINER, Elisabeth; GASTL, Martina; BECKER, Thomas. Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: a review. **European Food Research And Technology**, Freising, Germany, v. 232, n. 2, p.191-204, 2011.

TSCHOPE, E. C.; NOHEL, F. **A malteação da cevada**. Vassouras: Senai - RJ, 1999. 272 p.

TUNES, L. M. et al. Tratamentos para superação da dormência em sementes de cevada. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p.15-21, 2009.

ZSCHOERPER, Otto Paulo. **Apostila curso cervejeiro e malteador - AMBEV**. Porto Alegre: Ambev, 2009. 71 p.