

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

CRISLANE BRAZIL

**APLICAÇÃO DE β -GLUCANASE EM MALTE PRODUZIDO A PARTIR
DAS CULTIVARES DE CEVADA BRS CAUÊ E ELIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

LONDRINA
2015

CRISLANE BRAZIL

**APLICAÇÃO DE β -GLUCANASE EM MALTE PRODUZIDO A PARTIR
DAS CULTIVARES DE CEVADA BRS CAUÊ E ELIS**

Dissertação apresentada como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos, do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elisabete Hiromi Hashimoto

Co-orientador: Prof Dr Luciano Lucchetta

LONDRINA
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

B827a Brazil, Crislane

Aplicação de β -glucanase em malte produzido a partir das cultivares de cevada BRS Cauê e Elis / Crislane Brazil. - Londrina: [s.n.], 2015.
74 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof.^a Dr^a Elisabete Hiromi Hashimoto

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Lucchetta

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Londrina, 2015.
Inclui bibliografias.

1. Glucanas. 2. Malte. 3. Cevada - Cultivo. I. Hashimoto, Elisabete Hiromi, orient. II. Lucchetta, Luciano, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. V. Título.

CDD: 664

TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE β -GLUCANASE EM MALTE PRODUZIDO A PARTIR DAS CULTIVARES DE CEVADA BRS CAUÊ E ELIS

por

CRISLANE BRAZIL

Esta Dissertação de mestrado foi apresentado(a) em 14 de março de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Dra. Elisabete Hiromi Hashimoto

Prof^a. Orientadora

Prof. Dr. Mário Antônio Alves da Cunha

Membro titular

Prof. Dr. Diogo Henrique Hendges

Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

A Cooperativa Agrária Agroindustrial pelo apoio financeiro destinado a esta pesquisa.

A Professora Dra. Elisabete Hiromi Hashimoto pela dedicação e paciência destinadas ao trabalho apresentado.

RESUMO

BRAZIL, Crislane. Aplicação de β -glucanase em malte produzido a partir das cultivares de cevada BRS-Cauê e Elis. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

O teor de β -glucanas interfere diretamente nos parâmetros de qualidade do malte para a produção de cerveja, principalmente na etapa de filtração. Elevadas concentrações de β -glucanas na cevada exigem maior tempo e temperatura na maceração e germinação. A aplicação de β -glucanase comercial é uma alternativa para reduzir o conteúdo de β -glucanas. Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito da adição da β -glucanase no malte produzido a partir das cultivares de cevada BRS - Cauê e Elis (safra 2013/2014) com um tempo reduzido de germinação. As cultivares foram submetidas a micromalteações com 96 horas (convencional) e 64 horas (tempo reduzido) de germinação. As análises de β -glucanas e de qualidade da cevada, do malte e do mosto foram realizadas segundo a metodologia analítica EBC (European Brewery Convention). As cultivares BRS - Cauê e Elis, germinadas com 96 h apresentaram respectivamente os teores de 90,7 e 64,3 mg/L de β -glucanas. O processo com 64 h de germinação resultou em teores acima do limite máximo recomendado pela EBC (178 mg/L), sendo 320,0 e 370,7 mg/L para os maltes das cultivares BRS-Cauê e Elis respectivamente. A aplicação de 100 mg/kg de β -glucanase no malte produzido com 64 h de germinação reduziu os teores de β -glucanas para 74,7 (BRS-Cauê) e 81,7 mg/L (BRS-Elis). Houve uma redução no teor de β -glucanas de 76,67% para BRS - Cauê e 77,96% para BRS - Elis. Sendo que para o malte da cultivar BRS - Cauê a aplicação de 25 mg/kg da enzima e para a BRS - Elis a aplicação de 50 mg/kg foram suficientes para a obtenção de maltes com teores de acordo com o recomendado. A redução nos valores de viscosidade também foi observada. A aplicação da β -glucanase comercial reduziu o teor de β -glucanas no malte produzido em um tempo menor de germinação permitindo a otimização do tempo no processo de malteação.

Palavras Chaves: β -glucanas. Malte. β -glucanase

ABSTRACT

BRAZIL, Crislane. Application of β -glucanase in malt produced from barley cultivars BRS-Cauê and Elis. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

The β -glucan content interferes directly in the malt quality parameters for the production of beer, especially in the filtration step. High β -glucans concentrations in barley require more time and temperature in the steeping and germination. The application of a commercial β -glucanase is an alternative to reduce the content of β -glucans. This study aimed to analyze the effect of the addition of β -glucanase in malt produced from barley cultivars BRS - Cauê and Elis (season 2013/2014) with a reduced germination time. The cultivars were subjected to micromalteações 96 hours (conventional) and 64 hours (reduced time) germination. The analyzes of β -glucans and quality of barley, malt and wort were performed according to the analytical methodology EBC (European Brewery Convention). The BRS - Cauê and Elis, germinated after 96 hours respectively showed the levels of 90.7 and 64.3 mg / L of β -glucans. The process with 64 h of germination resulted in levels over the maximum limit recommended by the EBC (178 mg / L), with 320.0 and 370.7 mg / L for the malts of BRS-Cauê and Elis cultivars respectively. The application of 100 mg / kg of malt β -glucanase produced in 64 h germination lowered β -glucan content to 74.7 (BRS-Cauê) and 81.7 mg / L (BRS-Elis). There was a reduction in β -glucan content of 76.67% for BRS - Cauê and 77.96% for BRS - Elis. Since for malt cultivar BRS - Cauê application of 25 mg / kg of the enzyme and the BRS - Elis application of 50 mg / kg was sufficient to obtain malt content according to recommended. The reduction in viscosity values were also observed. The application of commercial β -glucanase reduced the β -glucan content in malt produced in a shorter germination allowing the optimization of time in the malting process

Keywords: β -glucans. Malt. β -glucanase

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Corte longitudinal do grão de cevada.....	20
Figura 2 – Estrutura básica das β -glucanas.....	24
Figura 3 – Fluxograma das principais etapas de malteação.	27

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Gráfico da redução de β -glucanas nos maltes das cultivares BRS-Cauê e Elis.	68
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rendimento de cevada em kg/ha.....	18
Tabela 2 – Teor de proteína e classificação das cultivares BRS - Cauê e Elis safra 2013.	18
Tabela 3 – Composição química do grão de cevada	21
Tabela 4 – Conteúdo de proteína e aminoácidos em cevada cervejeira.....	23
Tabela 5 – Composição da enzima comercial	41

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Características químicas, físicas e germinativas da cultivaresde cevada BRS - Cauê e Elis, safra 2013.....	52
Tabela 2 – Qualidade dos maltes produzidos com as cultivares BRS - Cauê e Elis..	53

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Qualidade dos maltes cultivares BRS - Cauê e Elis produzidos em tempos de germinação de 96 e 64 horas	63
Tabela 2 - Qualidade dos maltes produzidos a partir da cultivar BRS - Cauê em tempos de germinação de 96 e 64 horas com e sem a adição de β -glucanase.....	66
Tabela 3 – Qualidade dos maltes produzidos a partir da cultivar BRS - Elis em tempos de germinação de 96 e 64 horas com e sem a adição de β -glucanase.....	66
Tabela 4 – Qualidade dos maltes da cultivar BRS - Cauê obtidos através de tempos de germinação de 96 e 64 horas com e sem a adição de β -glucanase	70
Tabela 5 - Qualidade dos maltes da cultivar BRS - Elis obtidos através de tempos de germinação de 96 e 64 horas com e sem adição de β -glucanase.....	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 A Cevada Cervejeira.....	15
3.1.1 Cultivares nacionais de cevada cervejeira: BRS- Cauê e Elis.....	16
3.1.2 Estrutura do grão de cevada	18
3.1.3 Composição química da cevada	21
3.1.4 Amido.....	21
3.1.5 Proteínas.....	22
3.1.6 β -glucanas.....	24
3.2 Malteação.....	26
3.3 β -Glucanases.....	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1 Amostras.....	38
4.2 Análises da Cevada	38
4.2.1 Teor de umidade.....	39
4.2.2 Poder germinativo.....	39
4.2.3 Teor de proteína.....	39
4.2.4 Concentração de β -glucanas na cevada.....	40
4.2.5 Classificação.....	40
4.3 Micromalteação	40
4.4 Aplicação da β -glucanase.....	41
4.5 Análises do Malte e do Mosto Congresso.....	42
4.5.1 Umidade.....	42
4.5.2 Friabilidade.....	42
4.5.3 Atividade enzimática da β -glucanase no malte.....	43

4.5.4 Obtenção do mosto congresso.....	43
4.5.5 Extrato.....	44
4.5.6 Cor de cocção.....	44
4.5.7 Concentração de β -glucanas.....	45
4.5.8 Viscosidade.....	45
4.5.9 Poder diastásico.....	45
4.5.10 pH.....	46
4.6 Análise estatística	46
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
Capítulo 1 – Caracterização das Cultivares de Cevada BRS-Cauê e BRS-Elis para Malteação.....	48
Capítulo 2 - Aplicação de β -glucanase em Malte Produzido a Partir das Cultivares de Cevada BRS-Cauê e Elis.....	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74

1 INTRODUÇÃO

A principal matéria-prima na fabricação de cervejas é o malte de cevada obtido pelo processo de malteação, no qual ocorre a germinação do grão mediante ao controle de parâmetros como tempo, temperatura e umidade.

A malteação objetiva a alteração e o enriquecimento do sistema enzimático da cevada para que ocorram as modificações do amido presente nas células do endosperma do grão hidrolisando em açúcares fermentescíveis, necessários para a produção de cerveja (BELETI; DUARTE; KRAEMER-GEORG, 2012; KUNZE, 2006, 1075 p.).

É na etapa de germinação controlada durante a malteação, que com a absorção de água o metabolismo do grão é ativado formando várias enzimas, dentre elas as glucanases (KUNTZ; BAMFORTH, 2007).

As glucanases são enzimas que hidrolisam os componentes da parede celular do grão de cevada. A degradação ineficiente destes compostos resulta em maltes com elevados teores de β -glucanas as quais devido as suas propriedades reológicas aumentam a viscosidade do mosto cervejeiro causando problemas de filtração e turvação da cerveja.

A indústria malteira tem como um de seus principais controles de qualidade a produção de um malte com baixos teores de β -glucanas. Uma das exigências da indústria cervejeira às maltarias é o fornecimento de um malte com teores de β -glucanas de até 178 mg/L (EUROPEAN BREWERY CONVENTION - EBC, 2000).

Fatores ambientais como o clima e condições de cultivo influenciam na concentração de β -glucanas da cevada, desta forma diante de safras com elevados teores de β -glucanas, a indústria de malte ajusta seus parâmetros de processo (tempo, temperatura, umidade, adição de fitormônios) para atender as exigências do mercado. Neste caso uma etapa de germinação mais prolongada, onde ocorre a hidrólise das β -glucanas é fundamental. Uma das formas de promover a degradação de β -glucanas reduzindo o tempo de germinação é através da adição da β -glucanase no malte já produzido, estas enzimas irão agir na cervejaria durante a etapa da mostura.

Diante do exposto, este trabalho visa avaliar a redução do teor de β -glucanas no malte produzido com um tempo menor de germinação a partir da aplicação da β -glucanase comercial e investigar a sua influência na qualidade do malte e mosto obtidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar a influência da aplicação da β -glucanase na qualidade do malte e do mosto das cultivares BRS-Cauê e BRS-Elis através de um programa de malteação com tempo reduzido.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as cultivares de cevada BRS-Cauê e BRS-Elis, quanto ao teor de umidade, proteína, poder germinativo, concentração de β -glucanas, e classificação;
- Determinar a qualidade do malte germinado a 96 e 64 horas das cultivares BRS-Cauê e Elis, quanto ao teor de umidade, extrato, friabilidade, β -glucanas e atividade de β -glucanase;
- Comparar a qualidade do malte e do mosto produzidos de cada uma das cultivares malteadas com germinação de 96, 64 horas e 64 horas com adição de diferentes concentrações da enzima β -glucanase no malte (umidade, β -glucanas, viscosidade, atividade da β -glucanase, pH, friabilidade, extrato, cor de cocção, e poder diastásico)

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Cevada Cervejeira

Pertencente a família das gramíneas (*Hordeum vulgare*) a cevada é um cereal de inverno que segundo a Food and Agricultural Organization ocupa a quarta posição em ordem de importância econômica no mundo, sendo o terceiro cereal mais utilizado na alimentação humana e animal (FAO, 2001).

A cevada destinada a produção de malte denomina-se cevada cervejeira e seu plantio é favorecido em regiões de alta luminosidade, baixa umidade relativa do ar e por temperaturas amenas durante as fases de formação, enchimento e maturação dos grãos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2012).

De acordo com a Portaria nº. 691 de 22 de novembro de 1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA) a cevada cervejeira deve atender aos seguintes padrões de qualidade: umidade máxima de 13%, proteína máxima 12%, poder germinativo mínimo de 95%, matérias estranhas e impurezas máximo de 3% e grãos avariados máximo 5%. Ainda para McDonald (1988 apud SOARES, 2003) boas cultivares de cevada cervejeira devem apresentar baixo teor de β -glucanas para evitar problemas durante a filtração da cerveja e altos teores de amido para aumentar a fonte de extrato a ser fornecida para a levedura, objetivando a conversão em etanol, aumentando assim o rendimento na cervejaria.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o padrão de qualidade da cevada cervejeira para o malteio é proveniente de fatores como clima, genética e manejo (EMBRAPA, 2004).

No Brasil a cevada é cultivada em mais de 140 mil hectares, sua produção chega a 380 mil toneladas ao ano, sendo que 75% da cevada produzida é utilizada na fabricação de malte, 7% destina-se a reserva para semente e os 18% restantes são utilizados na elaboração de rações, por não atingir o padrão de qualidade cervejeira (DE MORI; MINELLA, 2012).

A produção brasileira de cevada está concentrada na Região Sul nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e representa importante opção de inverno em função da precocidade e tolerância ao frio, podendo ser semeada e colhida mais cedo que os demais cereais de inverno contribuindo para o melhor aproveitamento de máquinas e implementos agrícolas (SOARES, 2003).

Embora grande parte do plantio da cultura se encontra na região sul de clima favorável, a EMBRAPA vem desenvolvendo pesquisas com cevada no Cerrado brasileiro, buscando a viabilidade técnica e econômica da cultura através de sistemas de irrigação (AMABILE et al., 2007).

Mesmo com o aumento das áreas de plantio, o Brasil ainda depende da importação de cevada para suprir a demanda da indústria malteira. Segundo Fagundes (2003), o país importou cerca de 80% da cevada utilizada na produção de malte, tendo como seu principal país fornecedor a Argentina não só em função da vantagem logística frente a outros países, mas devido a qualidade da matéria-prima proporcionada pelas suas condições climáticas.

A Argentina é a maior produtora de cevada da América Latina com uma produção de aproximadamente 3 milhões de toneladas, já o Brasil com 274 mil toneladas ocupa o terceiro lugar no ranking de países produtores (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION STATISTIC - FAOSTAT, 2012).

Frente a demanda do mercado cervejeiro o Brasil importa não só cevada, mas também cerca de 80% do malte que consome o que o torna um dos maiores países importadores de malte do mundo (FAGUNDES, 2003).

3.1.1 Cultivares nacionais de cevada cervejeira: BRS- Cauê e Elis

A Comissão de Pesquisa de Cevada composta pela EMBRAPA, indústrias malteiras e cervejeiras indicam anualmente aos produtores as variedades de cevada, regiões aptas para o plantio, o período de semeadura e práticas culturais. Os produtores são orientados quanto a densidade, espaçamento e profundidade de semeadura, recomendações de manejo e conservação do solo, técnicas de plantio direto, adubação, controle de insetos e doenças além de épocas de colheita, pré-

limpeza e secagem dos grãos. Estas orientações visam não só rendimento, mas também a produção da cevada com o padrão de qualidade adequado para as maltarias particularmente em relação ao poder germinativo, tamanho do grão, teor de proteínas e à sanidade dos grãos (MINELLA, 2013).

As cultivares recomendadas para as safras de 2013 e 2014 nos Estados do Sul pela Comissão de Pesquisa divulgada na XXIX Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada (2013) foram: BRS-Brau, BRS-Cauê, BRS-Elis, MN 610, MN 743 e MN 620, todas desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da EMBRAPA TRIGO em parceria com as empresas Companhia de Bebidas das Américas – Ambev, indústria malteira e cervejeira e a Cooperativa Agrária Agroindustrial, indústria malteira (MINELLA, 2013).

A BRS-Cauê apresenta ampla adaptação e alta produtividade e é resultante do cruzamento das cultivares BRS-195 e BRS-Borema, em plantios na época indicada espiga entre 85 e 90 dias após a semeadura, atingindo ponto de colheita entre 125 e 132 dias. Apresenta uma média superior a 80% de grãos de primeira qualidade que ficam retidos nas peneiras 2,8 e 2,5 mm na análise de classificação (MINELLA, 2013).

A cultivar BRS-Elis também apresenta ampla adaptação e boa produtividade, foi desenvolvida a partir do cruzamento das cultivares BRS-195 e Scarlett, esta última cultivada na Argentina e no Uruguai. A cultivar Scarlett é uma das cultivares mais importadas pelas indústrias malteiras do Brasil por apresentar excelente desempenho malteiro. Em plantios de época indicada a BRS Elis espiga entre 85 e 92 dias após a semeadura, atingindo ponto de colheita entre 125 e 135 dias. Também apresenta uma média superior a 80% de grãos de primeira qualidade. A tabela 1 apresenta o rendimento por hectare e a tabela 2 o percentual de grãos de primeira qualidade das cultivares de cevada cultivada em Guarapuava no Estado do Paraná nos anos de 2003 a 2007 (MINELLA, 2013).

Segundo dados de 2011 a 2013 obtidos da Cooperativa Agrária Agroindustrial as cultivares BRS-Cauê e Elis além de bons resultados de rendimento apresentaram também qualidade adequada ao malteio, as tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos na recepção das safras.

Tabela 1 - Rendimento de cevada em kg/ha

Cultivar	Ano			Média
	2011	2012	2013	
BRS-Cauê	6.686	6.012	6.269	6.322
BRS-Elis	6.839	6.688	6.536	6.688

Fonte: Cooperativa Agrária Agroindustrial, 2014

Tabela 2 – Teor de proteína e classificação das cultivares BRS-Cauê e Elis safra 2013

Ano	Cultivares	Proteína (%)		Classificação (%)	
		BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis
2011		11,0	10,6	92,1	91,2
2012		11,9	10,8	92,4	95,4
2013		10,4	10,4	94,2	93,8
Média		11,1	10,6	92,9	93,5

Fonte: Cooperativa Agrária Agroindustrial, 2014.

3.1.2 Estrutura do grão de cevada

A cevada é composta de uma única semente constituída por casca, pericarpo, endosperma e gérmen. A casca é formada essencialmente por celulose e tem a função de proteger o grão e regular a absorção de água durante a germinação. Abaixo da casca há o pericarpo composto por fibras, minerais e vitaminas do complexo B, logo abaixo do pericarpo encontra-se a testa, camada semipermeável que protege o gérmen de micro-organismos (VAN DEN BOOM et al., 2006; ZSCHOERPER, 2009).

A figura 1 apresenta o desenho do corte longitudinal do grão da cevada. Nesta figura pode-se observar a acospira, o escutelo, as radículas e o epitélio formado por células que nutrem o embrião com o endosperma (KUNZE, 2006, 1075 p.).

Após a malteação da cevada, a casca permanece no grão de malte e serve como meio filtrante do mosto cervejeiro (KUNZE, 2006, 1075 p.; McENTYRE; RUAN; FULCHER, 1998).

O endosperma é a principal reserva de nutrientes do grão e é formado por células que contém os grânulos de amido. A riqueza de polissacarídeos do endosperma da cevada disponível através do malte é a fonte de substrato necessário para a conversão de açúcares em álcool no processo de fermentação da cerveja (BRENNAN; CLEARY, 2005).

As paredes celulares componentes do endosperma são constituídas por 22,2% de arabinoxilanas (pentosanas), 72,3% de (1→3)(1→4)-β-glucanas e 5,5% de proteínas Etokapan; Palmer (1994 apud LIZARAZZO, 2003).

A camada de aleurona que rodeia o endosperma é formada por células ricas em proteínas, nesta camada ocorrem a formação e a liberação das enzimas responsáveis pela degradação do endosperma durante a malteação (KUNZE, 2006, 1075 p.).

O gérmen é relativamente rico em proteínas, açúcares, lipídios, cinzas e vitaminas (HOSENEY, 1994, 378 p.). Sua função mais importante é produzir o ácido giberélico, hormônio vegetal que promove a germinação da cevada (PALMER, SHIRAKASHI, SANUSI, 2000).

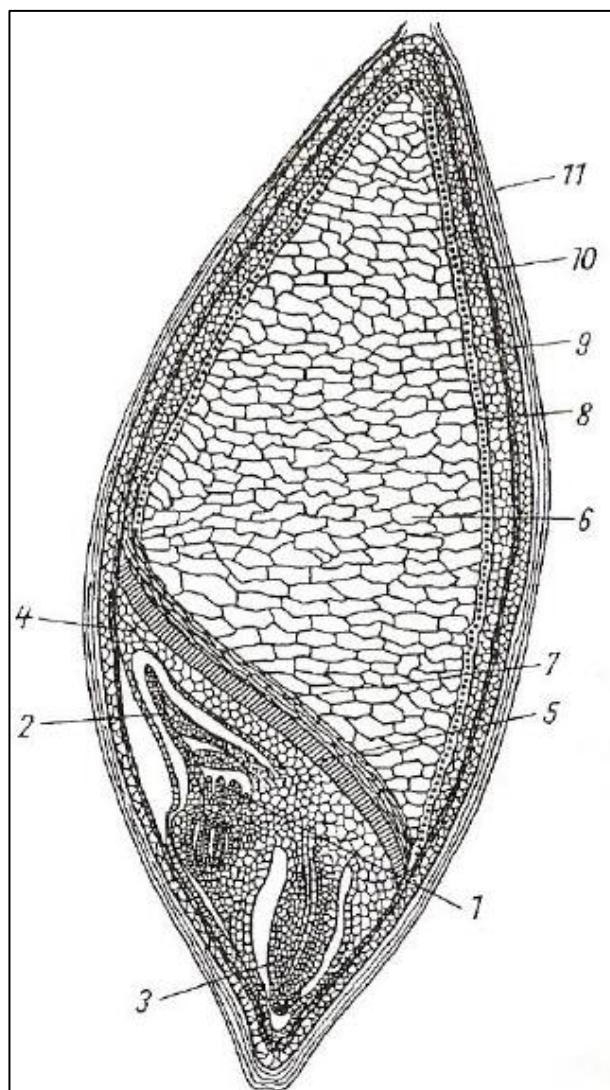


Figura 1 – Corte longitudinal do grão de cevada: 1 gérmen, 2 acrospira, 3 radícula, 4 escutelo, 5 epitélio, 6 endosperma, 7 células vazias, 8 camada de aleurona, 9 testa, 10 pericarpo, 11 casca.

Fonte: Kunze, 2006, 1075 p.

A cevada para fins cervejeiros deve ser composta por um alto conteúdo de amido em torno de 61%, um teor proteico máximo de 11,5% e valores de β -glucanas entre 3,3 a 4,5% (BOHATCH, 1994, 74 p.).

Segundo Bortolotti (2009), a cevada também vem surgindo como um importante alimento na dieta humana. O grão é uma excelente fonte de fibras tanto solúveis quanto insolúveis além de possuir antioxidantes, vitaminas, minerais e fitonutrientes (MALCOLMSON; NEWKIRK; CARSON, 2005).

3.1.3 Composição química da cevada

Segundo Newman e Newman (2008), os componentes de maior proporção do grão de cevada são o amido, a fibra e a proteína. De acordo com Yalçin et al. (2007), as variações na composição química da cevada podem ocorrer devido a fatores ambientais e genéticos. A tabela 3 mostra a composição típica do grão de cevada em g/kg (base seca):

Tabela 3 - Composição química do grão de cevada

Componente	Média (%)	Variação (%)
Amido	58,2	55,1 – 59,5
Fibra	20,2	18,8 – 22,5
Proteína ^a	13,7	12,5 – 15,4
Açúcares ^b	3,0	2,8 – 3,3
Lipídeos	2,2	1,9 – 2,4
Cinzas	2,7	2,3 – 3,0

Fonte: de AMAN; NEWMANN (1986), adaptado NEWMANN; NEWMANN (2008).

^a Fator de conversão N x 6,25

^b Glucose, frutose, sacarose e frutanos

3.1.4 Amido

O amido é o componente de maior expressão no grão de cevada, está localizado em grande parte no endosperma da semente com pequenas quantidades distribuídas na camada de aleurona, subaleurona e nos tecidos do gérmen (SULLIVAN; ARENDT; GALLAGHER, 2013).

É um homopolissacarídeo, composto por dois polissacarídeos de D-glicose, a amilose e a amilopectina (RICHARD; KARKALAS, 2004). Tanto a quantidade de amilose quanto a de amilopectina podem variar no grão de cevada entre cultivares de mesma espécie, de acordo com o grau de maturação da planta (TESTER;

KARKALAS, 2004), e por meio de melhoramento genético em função da forma desejada de processamento (NEWMANN; NEWMANN, 2008).

A grande quantidade de amido no endosperma da cevada disponibilizado através da malteação é a fonte de substrato necessário para a conversão de açúcares em álcool no processo fermentativo de obtenção da cerveja (BRENNAN; CLEARY, 2005). As enzimas do sistema diastásico (α e β amilases) hidrolisam o amido em açúcares fermentescíveis disponibilizando-os para as leveduras (GEORG-KRAEMER; MUNDSTOCK; CAVALLI-MOLINA, 2001).

3.1.5 Proteínas

De acordo com Newmann e Newmann (2005), os teores de proteína comumente encontrados na cevada variam entre 9,0 e 13%. O cereal também contém quantidades significativas de aminoácidos essenciais, como, lisina, treonina e valina (SULLIVAN; ARENDT; GALLAGHER, 2013).

As proteínas estão presentes em muitas formas no grão de cevada sendo responsáveis pelas funções estruturais, atividades metabólicas e pelo fornecimento de nitrogênio para o desenvolvimento do embrião durante a germinação do grão (NEWMANN; NEWMANN, 2008). A tabela 4 mostra os teores de proteína e aminoácidos essenciais encontrados em cevada Truscott (1988 apud NEWMANN; NEWMANN, 2008).

No grão de cevada as proteínas estão localizadas na camada de aleurona e na extensão periférica do endosperma (ZSCHOERPER, 2009).

Tabela 4 - Conteúdo de proteína e aminoácidos em cevada cervejeira

Componente	g/kg (base seca)
Proteína (n x 6,25)	11,2
Aminoácidos	
Alanina	0,35
Arginina	0,45
Ácido aspártico	0,55
Cistina	0,20
Ácido glutâmico	2,28
Glicina	0,32
Histidina	0,20
Isoleucina	0,34
Leucina	0,67
Lisina	0,31
Metionina	0,15
Fenilalanina	0,51
Prolina	0,96
Serina	0,41
Treonina	0,38
Triptofano	0,14
Tirosina	0,32
Valina	0,46

Fonte: Truscott et al. (1988) n=6 ,adaptado de Newmann; Newmann 2008

As proteínas da cevada exercem grande influência na qualidade da cerveja refletindo principalmente a ação enzimática do cereal (SZWAJGIER, 2011). Ao serem degradadas as proteínas produzem peptídeos e aminoácidos livres que são utilizados pela levedura durante a fermentação do mosto cervejeiro (BROADBENT; PALMER, 2001).

Por outro lado, a interação das proteínas com os compostos fenólicos favorece a formação da espuma e a estabilidade coloidal da cerveja (DAI et al., 2007). E ainda, o excesso de proteínas resulta em menor quantidade de amido, reduzindo o rendimento de extrato obtido na moagem do malte de cevada durante a produção de cerveja (FLORIANI, 2002).

De acordo com Steiner, Gastl e Becker (2011), os níveis de proteína na cevada estão relacionados com as condições do solo, clima e cultivar. Segundo a EMBRAPA (2001), o manejo incorreto de fertilizantes nitrogenados durante o cultivo do cereal pode elevar os teores de proteínas do grão a valores acima de 12%.

3.1.6 β -glucanas

As β -glucanas são polissacarídeos formados por uma longa cadeia linear de unidade β -D glicopiranosil unidas por ligações β (1 \rightarrow 4) e β (1 \rightarrow 3), (FUJITA; FIGUEROA, 2003; LIMBERGER, 2012).

A figura 2 mostra a estrutura molecular das β -glucanas. Estas estão presentes em maior quantidade no endosperma e na parede celular das sementes de cereais (MIKUS; VALIK; DODOK, 2011). Na cevada as β -glucanas são as maiores constituintes das fibras solúveis e estão localizadas no endosperma (IZYDORCZYK et al., 2000).

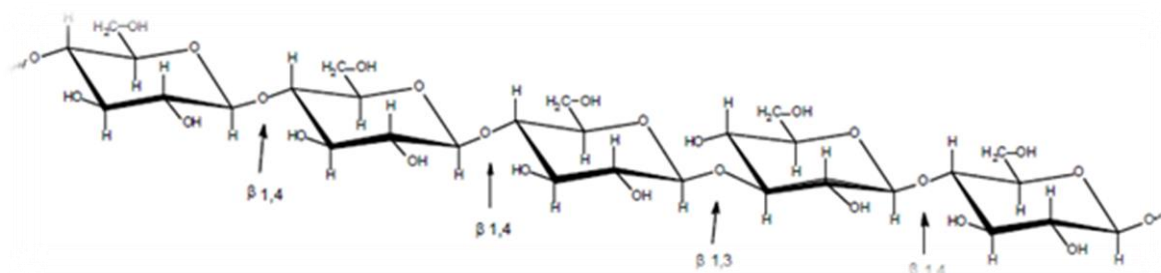


Figura 2 Estrutura básica β -glucanas com a indicação das ligações β (1-4) e β (1-3)
FONTE: Soares, (2003).

Os primeiros estudos científicos relacionados a β -glucanas surgiram devido a influência desta sobre a qualidade da cerveja (FUJITA, FIGUEROA, 2003). As β -glucanas possuem características reológicas de geleificação e aumento de viscosidade de soluções aquosas. Tais propriedades tem grande aplicação na indústria alimentícia sendo utilizadas como agentes espessantes para modificar a textura de alimentos e também para contribuir com novas formulações (LAZARIDOU; BILIADERIS, 2007). Estas propriedades tecnológicas são influenciadas pelo número de ligações β (1 \rightarrow 4) e β (1 \rightarrow 3) na molécula, sendo que os grãos maduros de cevada contém moléculas de β -glucanas formadas com 30% de ligações β -(1 \rightarrow 3) e 70% de ligações β -(1 \rightarrow 4) (BRENNAN; CLEARY, 2005).

No entanto, justamente devido a estas características químicas as β -glucanas quando em grande quantidade na cevada retardam o processo de malteação e causam problemas no processo de filtração da cerveja contribuindo para a turvação da bebida (YADAV et al., 2000; SZWAJGIER, 2011).

Durante a malteação da cevada na etapa de germinação ocorrem a modificação e a degradação das β -glucanas através das enzimas endo- β -1 \rightarrow 4-glucanase e endo- β -1 \rightarrow 3-glucanase presentes no próprio grão. As enzimas degradam as β -glucanas destruindo progressivamente a estrutura celular rígida que cerca o amido do grão liberando desta maneira, o caminho do interior do endosperma para outras enzimas que entrarão em contato com os grânulos de amido atuando na conversão deste em açúcares fermentescíveis (KUNZE, 2006, 1075 p.).

Embora durante o processo de malteação se possa trabalhar com os parâmetros de temperatura, umidade e adição de ácido giberélico a fim de estimular a hidrólise e obter baixos teores de β -glucanas esses valores dependem muito da matéria prima.

Segundo Beletti, Duarte e Kraemer-Georg (2012), a seleção de cultivares com baixa concentração de β -glucanas é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de cevada. A determinação da composição bromatológica de diferentes cultivares nacionais de cevada revelou teores diferentes de fibras solúveis, das quais as β -glucanas constituem grande parte, as diferenças encontradas nos percentuais não só deste componente mas dos demais podem ser explicadas pela variação genética das cultivares já que as amostras foram obtidas de cultivares plantadas sob as mesmas condições ambientais (FUKE, 2007). De acordo com Park et al. (2003), as β -glucanas são encontradas na cevada em uma concentração em torno de 2,0 a 6,0%. A análise de 10 variedades de cevada resultou em teores de β -glucanas que variaram de 2,04 a 9,68% demonstrando que a variabilidade genética da cevada influi no teor do polissacarídeo (FUJITA; FIGUEROA, 2003).

Além disso, a cevada como qualquer outra cultura sofre forte influência ambiental. Altas temperaturas durante o inverno e o excesso de chuvas na hora da colheita, resultam em prejuízo na formação do amido e aumento da concentração de β -glucanas no grão da cevada (BELETI; DUARTE; KRAEMER-GEORG, 2012).

3.2 Malteação

Além da cevada, vários cereais podem ser malteados como sorgo, trigo e milho, porém a cevada, tradicionalmente, é a mais utilizada na produção de malte para cerveja (BOULTON; QUAIN, 2006, 644 p.). A cevada além de dispor de enzimas, amido e conteúdo proteico, fornece as cascas como meio filtrante do mosto cervejeiro e confere importantes características sensoriais a cerveja (STEINER; GASTL; BECKER, 2011).

O processo de malteação consiste na germinação do grão de cevada a partir de condições controladas de umidade, tempo, temperatura e aeração (VENTURINI, 2000). O principal objetivo da transformação da cevada em malte é ativar enzimas no grão germinado e causar mudanças no corpo farinhoso tornando o grão friável (KUNZE, 2006, 1075 p.), uma destas mudanças é a hidrólise das β -glucanas pelas enzimas (KUNTZ; BAMFORTH, 2007).

Segundo a European Brewery Convention (EBC), (2000) o teor de β -glucanas deve ser reduzido em 90% durante a malteação para eliminar possíveis problemas de filtração e turvação da cerveja na etapa da mosturação com o malte obtido.

De acordo com Newman e Newman (2008), as etapas básicas do processo de malteação são: maceração, germinação e secagem. A figura 3 mostra o fluxograma com as principais etapas da malteação.

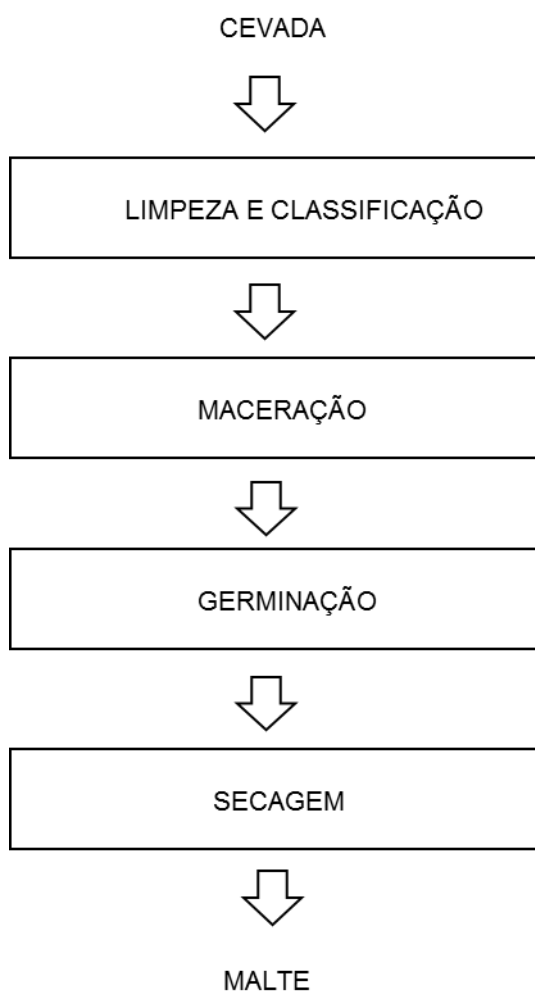


Figura 3 – Fluxograma das principais etapas de malteação
Fonte: Autor (2014).

A etapa de maceração é realizada após a limpeza mecânica e a classificação dos grãos de cevada e ocorre em equipamentos denominados funis maceradores. Os grãos de cevada somente germinam a partir de certo teor de umidade (ZSCHOERPER, 2009), desta forma a cevada é submersa em água a uma temperatura entre 14 a 18 °C. Os grãos absorvem a água, incham e iniciam o processo de crescimento no qual várias enzimas atuam em sequência. O período de maceração, depende da cultivar, do tamanho do grão, da sua sensibilidade a água e da temperatura do processo e pode ser alternada entre períodos secos e úmidos até o grão atingir em torno de 42 a 46% de umidade, a cevada não germina com umidade abaixo de 30% (NEWMAN; NEWMAN, 2008; CABRAL; CORDEIRO, 2004).

Nesta etapa também é realizada a limpeza úmida dos grãos eliminando as impurezas através da água (GRUBER, 2001).

É na etapa de maceração, através da ativação enzimática e da aceleração do metabolismo do grão por meio da hidratação, que ocorre a indução da cevada para próxima etapa do processo a germinação (MaCGREGOR; BHATTY, 1993).

A germinação ocorre em condições controladas de temperatura, umidade e aeração. Este processo é exotérmico e termina quando o grão alcança sua fase máxima de produção de enzimas (OETTERER; D'ARCE; SPOTO, 2006, 612 p.).

Durante a germinação a temperatura é geralmente controlada na faixa de 16 a 20 °C e o fornecimento de oxigênio, por meio de aeração, é constante sendo necessário para o metabolismo do grão e para remover as altas concentrações de dióxido de carbono proveniente da respiração da cevada que podem inibir o processo. Assim, a semente permanece nos germinadores por um período de cinco a sete dias sendo modificada através da ativação das enzimas encontradas no grão, nesta etapa o ácido giberélico, hormônio vegetal do grão induz a síntese enzimática que promove a conversão do amido insolúvel em açúcares solúveis e oligossacarídeos, nesta etapa também ocorre a adição exógena do ácido giberélico (NEWMAN; NEWMAN, 2008).

No processo de germinação do grão de cevada as enzimas (β -1-3, 1-4) - glucanases (EC 3.2.1.6) são responsáveis pela degradação das β -glucanas as quais fazem parte das paredes celulares do endosperma amiláceo, com a ruptura as enzimas diastásicas entram em contato com os grânulos de amido e atuam na conversão transformando-os em açúcares fermentescíveis. A degradação parcial das paredes celulares do endosperma não permite a boa difusão das enzimas formadas na germinação, prejudica a mobilização de reservas do grão e as β -glucanas geram problemas na produção de cerveja (KRAEMER-GEORG et al., 2011).

Na etapa de germinação é possível variar a temperatura (12 a 26 °C), a umidade do grão (42 a 48%) e a adição de ácido giberélico, tais fatores influenciam a atividade enzimática proporcionando a intensificação da modificação do malte. A temperatura de 22°C no início da germinação, com posterior redução para 17 °C têm significativa ação sobre a ativação do metabolismo, síntese e atividade das enzimas resultando em uma maior degradação de β -glucanas (BELETI; DUARTE,

KRAEMER-GEORG, 2012). A ventilação adequada dos grãos também é importante para evitar o excesso de umidade. Ao final do processo que varia de 5 a 7 dias obtém-se o malte verde (EBC, 2000).

A secagem, próxima etapa, ocorre em estufas onde o ar quente passa através do grão germinado. A secagem do malte verde se dá em quatro etapas: a primeira utilizando temperaturas de 50 a 60 °C, reduzindo a umidade dos grãos para 23%, seguida de umidade a 12% com o aumento da temperatura e redução do fluxo do ar, na terceira etapa a umidade é reduzida a 6% e a na quarta aplica-se temperaturas de 80 a 110 °C reduzindo a umidade entre 4,5 a 4,8%, assim se estabelecendo principalmente as características sensoriais do malte (NEWMAN; NEWMAN, 2008).

De acordo com a EBC (2011) a secagem do malte objetiva além da diminuição do conteúdo de água do grão, a interrupção das transformações da germinação, a inativação do sistema enzimático e a preservação das enzimas. A etapa contribui ainda para a formação de substâncias corantes e aromatizantes características do malte e facilita a remoção das radículas, desenvolvidas durante a germinação.

Durante a secagem enquanto a temperatura está abaixo de 60 °C e a umidade acima de 30% a atividade enzimática continua, a β -glucanase é a enzima mais sensível com temperatura de inativação entre 55 a 60°C, sendo inativada em 50% na etapa de secagem EBC (2000 apud PINTO, 2013).

3.3 β -Glucanases

O grande potencial tecnológico das enzimas β -glucanases encontra-se em sua ação hidrolítica sobre diversas substâncias naturais (KIRK; BORCHET; FUGLSANG, 2002). Em cereais a β -glucanase realiza a hidrólise das β -glucanas favorecendo a mobilização dos componentes do endosperma que nutrem o embrião durante o seu desenvolvimento (PETERSEN et al., 2013).

Na cevada a atividade das β -glucanases é uma característica quantitativa que sofre influência ambiental controlada pela expressão e pela interação de um conjunto de genes (SATO; WATARI; TAKASHIO, 2001; MOLINA-CANO et al., 2002).

Nunes (2007), em um estudo sobre a relação dos efeitos ambientais sobre a atividade das (1-3, 1-4)- β -glucanases em cevada encontrou diferenças significativas para a atividade da enzima no malte seco produzido a partir de cevadas brasileiras cultivadas nas safras de 2002, 2003 e 2005 nos municípios de Passo Fundo-RS, Víctor Graeff-RS e Guarapuava-PR.

Cada vez mais tem se analisado o impacto que a atividade da β -glucanase tem sobre a qualidade do malte. Um estudo com cultivares de cevada do Sul da China demonstrou que a qualidade do malte está mais relacionada com a atividade da β -glucanase durante o malteio do que com o teor de β -glucanas da cevada (WANG et al., 2004).

Quando a hidrólise das β -glucanas pelas enzimas endógenas não é completa, a filtração na produção de cerveja é afetada. Comercialmente, as β -glucanases vêm sendo empregadas no preparo do mosto para a fabricação de cerveja (PETERSEN, et al., 2013; ORLANDELLI et. al., 2012). Scheffler e Bamforth, (2005) analisaram o mosto produzido a partir de malte de cevada após a aplicação de diversas enzimas comerciais, onde algumas eram compostas apenas de glucanases, outras de xilanases e outras pela mistura de ambas. Os autores observaram uma maior recuperação do extrato e redução da viscosidade a partir da aplicação da β -glucanase, o melhor desempenho, no entanto foi observado na aplicação da mistura da β -glucanase com a xilanase, sendo que esta última torna as β -glucanas mais receptivas ao ataque da β -glucanase (SCHEFFLER; BAMFORTH, 2005).

As β -glucanases apresentam uma boa estabilidade térmica e atividade biológica considerável em pH em torno de 5,0 a 6,0 o que favorece a sua utilização no processo de fermentação da cerveja (McCARTHY et al., 2005).

As β -glucanases são obtidas principalmente pela produção fúngica e estão localizadas no citoplasma e na parede celular, a atividade destas enzimas ocorre em todos os estágios do ciclo de vida do fungo (GIESE; CORRADI; BARBOSA, 2003).

Os fungos explorados para produção da enzima β -glucanase são: *Aspergillus aculeatus*, *Aspergillus niger*, *Humicola isolens*, *Talaromyces emersonii*,

Trichoderma reesei, sendo este último denominado fungo recombinante onde o fungo hospedeiro (*Trichoderma reesei*) recebeu de um fungo doador (*Trichoderma* sp.) o gene de interesse para a expressão da enzima comercial (ORLANDELLI et al., 2012).

Compostos como clorofórmio, benzenóides, organofosfatos, quelantes podem inibir a atividade das β -glucanases, assim como a inibição pode ocorrer devido a altas concentrações de substrato e de produtos reacionais (RANA et al., 2003).

REFERÊNCIAS

AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; OLIVEIRA, C. O.; FRONZA, V. Cevada (*Hordeum vulgare* L.). In: **101 Culturas**: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, p. 263-268, 2007.

BELETI, A. M.; DUARTE, F.; KRAEMER-GEORG, J. E. A temperatura no desenvolvimento da atividade das enzimas (1-3, 1-4) β -glucanases e degradação de β -glucanos durante a malteação. **Revista Ciência Rural**. Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 467-473, 2012.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento**. Portaria nº 691, de 15 dezembro de 1975. Disponível em: <http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/cevadaindus691_96.pdf> Acesso em: 08 de ago. de 2014.

BRENNAN C. S., CLEARY, L. J. The potential use of cereal (1/3, 1/4)- β -D-glucans as functional food ingredients. **Journal of Cereal Science**, London, v. 42, n. 1, p. 1–13, 2005.

BORTOLOTTI, Cristina M. **Caracterização de farinhas de cevada e o efeito da sua incorporação sobre a qualidade do pão de forma**. 2009. 138p. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

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

BROADBENT, R.; PALMER, G.. Relationship between β -amylase activity, steeliness, mealiness, nitrogen Content and the nitrogen fractions of the barley grain. **Journal of the Institute of Brewing**; v. 107, n. 6, p. 349-354, 2001.

CABRAL, T.; CORDEIRO, J. 2004. A produção de malte. Disponível em: <http://www.apctm.pt/asp/docs_informacoes/doc_22.pdf> Acesso em 16 jan. 2014.

COOPERATIVA AGRARIA AGROINDUSTRIAL. Comunicação pessoal Qualidade Assegurada Agrária Malte em 12 de agosto de 2014.

DAI, F.; W. J.; ZHANG, S. ; XU, Z.; ZHANG, G. Genotypic and environmental variation in phytic acid content and its relation to protein content and malt quality in barley. **Food Chemistry**, v.105, n. 2, p. 606-611, 2007.

DE MORI, C.; MINELLA, E. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 28 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.pdf> Acesso em: 01 fev. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2004. Disponível em: <www.embrapa.gov.br/imprensa/noticias/2004/abril/bn.2004-11-25.8255848435/> Acesso 12 fev. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2012. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139_4.htm> Acesso em 20 fev. 2014.

ETOKAKPAN, O. U.; PALMER, G. H. Properties of endosperm cell walls isolated from unmalted and malted grains of barley and sorghum. **Process Biochemistry**, v. 29, n. 7, p. 559-563. 1994.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION
<http://www.europeanbreweryconvention.org/PDF/AC%2018th%20EBC%20standard%20malt%20FV.pdf>> Acesso em 07 jul. 2014.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Malting Technology, Manual of Good Practice**; Fachverlag Hans Carl, vol. 6, 2000. 224 p.

FAGUNDES M. H. Sementes de cevada. 2003. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/ee9b65650e13403f19f724263401b977..pdf> > Acesso em 12 fev. 2014.

FAOSTAT. Statistical databases. Barley Crop 2012. Disponível em: <www.faostat.fao.org> Acesso em 10 mar 2014.

FLORIANI, A. P. Cevada cervejeira: características bioquímicas. UFRGS, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/afeira/materias-primas/cereais/cevada/cevada-cervejeira/caracteristicas-bioquimicas>> Acesso em: 20 fev.2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_BARLEY.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2014.

FUJITA, A. H.; FIGUEROA, M. O. R. Composição centesimal e teor de β -glucanas em cereais e derivados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 116-120, 2003.

FUKE, Gitane. **Uso de grãos de cevada: caracterização bromatológica de cultivares e resposta biológica de ratos e crescimento**. 2007. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GEORG-KRAEMER, J. E.; MUNDSTOCK, E. C.; CAVALLI-MOLINA, S. Developmental expression of amylase during barley malting. **Journal of Cereal Science**, v. 33, 13 p. 279-288, 2001.

GIESE, E. C.; CORRADI DA SILVA, M. L.; BARBOSA, A. M. Glucanases fúngicas: produção e aplicações das β -1,3 e β -1,6-glucanases. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 30, p. 97-104, 2003.

GRUBER, A. M. The flavor contributions of kilned and roasted products to finished beer styles. **Master Brewers Association of the Americas**, v. 38, n. 4, p. 227-233, 2001.

HOSENEY, C. R. **Principles of Cereal Chemistry and Technology**. 2nd. ed. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal chemists, 1994. 378p.

KIRK, O.; BORCHET, T. V.; FUGLSANG, C. C. Industrial enzyme applications. **Current Opinion Biotechnology**, London, v. 13, p. 345-351, 2002.

KUNZE, W. **Tecnología para Cerveceros y Malteros**. 1 ed. Berlin: Versuchs-und Lehranstalt für Brauerei Berlin, 2006, 1075 p.

KUNTZ, R. J.; BAMFORTH, C. W. Time course for the development of enzymes in barley. **Journal of the Institute of Brewing**, v.113, n. 2, p.196-205, 2007.

LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C. G.; IZYDORCZYK, M. S. Molecular size effects on rheological properties of oat β -glucans in solution and gels. **Food Hydrocolloids**, v. 17, p. 693-712, 2003.

LIZARAZZO, Diana X.C. **Parâmetros físicos químicos, germinativos e microestruturais de qualidade em cultivares brasileiros de cevada cervejeira**. 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MAcGREGOR, A.W.; BHATTY, R.S. **Barley: Chemistry and Technology**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1993.

MALCOLMSOM, L. .; NEWKIRK, R.; CARSON, G. Expanding opportunities for barley food and feed through product innovation. **In North American Barley Research Workshop**, 2005.

McCARTHY, T. C; LALOR, E.; HANNIFFY, O.; SAVAGE, A. V.; TUOHY, M. G. Comparison of wild- type and UV-mutant β -glucanase producing strains of *Talaromyces emersonni* with potential in brewing applications. **Journal of Industrial Microbiology Biotechnology**, v. 32, n.4, p. 125-134, 2005.

McDONALD, A. M. L.; STARK, J. R. A critical examination of procedures for the isolation of barley starch. **Journal of the Institute of Brewing**, v.94, n.3, p.125-132, 1988.

McENTYRE, E.; RUAN, R.; FULCHER, R. G. Comparison of water absorption patterns in two barley cultivars, using magnetic resonance imaging. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 75, n. 6, p. 792-795, 1998.

MIKUS, L.; VALIK, L. ; DODOK, L. Usage of hydrocolloids in cereal technology. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 35, n. 5, p. 325-334, 2011.

MINELLA E. Reunião Nacional de Pesquisa de cevada (29: 2013: Passo Fundo, RS). Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2013 e 2014. Editado por Euclides Minella. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2013 105 p.

MOLINA-CANO, J.L.; SOPENA, A.; POLO, J.P.; BERGARECHE, C.; MORALEJO, M.A.; SWANSTON, J.S.; GLIDEWELL, S.M. Relationships between barley hordeins and malting quality in a mutant of cv. triumph. II genetic and environmental effects on water uptake. **Journal of Cereal Science**, v. 36, p. 39-50, 2002.

NEWMAN R., K.; NEWMAN, W. C. (2005). **Hulless barley for food and feed**. In: Abdel-Aal, E., Wood, P. (Eds.), Specialty Grains for Food and Feed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, pp. 167-202

NUNES, Maristela. **Relação dos efeitos ambientais sobre a atividade enzimática das (1-3, 1-4) - β -glucanases em cevada**. 2007. 35 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Toxicologia Aplicada) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2007.

OETTERER, M.; D'ARCE, M. A. B. R.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006, 612 p.

ORLANADELLI, C. R.; SPECIAN V.; FELBER C. A.; PAMPHILE, A. J. Enzimas de interesse industrial: produção por fungos e aplicações. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**. v.7, n.3, p.97-109, 2012.

PALMER, G. H.; SHIRAKASHI, T.; SANUSI, L.A. **Physiology of germination**. **EBC Congress 1989**. p. 63-74. 1989.

PARK, Y., K.; IKEKAGI, M.; ALENCAR, S. M.; AGUIAR, C., L. Determinação da concentração de β -glucano em cogumelo *Agaricus blazei* Murill por método enzimático. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n. 3, p. 312-316, 2003.

PETERSEN O. B., OLSEN O., BEEREN R. S., HINDSGAUL O., MEIER S. Monitoring pathways of β -glucan degradation by enzyme mixtures in situ. **Carbohydrate Research**. v.7, n.368, p. 47-51, 2013.

PINTO, Ana R. M. **Avaliação do processo de secagem no fabrico de malte: caso se estudo da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA**. 2013. 63 f. Dissertações (Mestrado em Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2013.

RANA, D. S.; THEODORE K.; NAIDU, S. N.; PANDA, T. Stability and kinetics of β -1, 3 glucanase from *Trichoderma Harzianum*. **Process Biochemistry**, v. 39, n.2, p. 149-155, 2003

SATO, M.; WATARI, J.; TAKASHIO, M. Effect of growth media and strains on structural stability in small chromosome. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 108, p. 355-361, 2001.

SCHEFFLER, A.; BAMFORTH, C.W; Exogenous β -glucanases and pentosanases and their impact on mashing, **Enzyme and Microbial Technology**, v. 36, n. 5-6, p. 813-817, 2005.

SOARES, Rosane M. D. **Caracterização parcial de amido em cultivares Brasileiros de cevada (*Hordeum vulgare L.*)**. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

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

SULLIVAN P.; ARENDT, E.; GALLAGHER E. The increasing use of barley and barley by-products in the production of healthier baked goods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 29, n.1, p.124-134, 2013.

SZWAJGIER, D. Dry and wet milling of malt: a preliminary Study comparing fermentable sugar, total protein, total phenolics and ferulic acid content in non-hopped worts. **Journal of the Institute of Brewing**, 117(4), p. 569-577, 2011.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch – composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v 39, n.1, p. 151-165, 2004.

TSCHOPE, E. C.; NOHEL, F. **A malteação da cevada**. Vassouras – SENAI – RJ, 1999, 272 p.

VAN DEN BOOM, A.; SERRA-MAJEM, L.; RIBAS, L. ; NGO, J. ; PÉREZ-RODRIGO, C. ; ARANCETA, J. ; FLETCHER, R. The contribution of ready-to-eat cereals to daily nutrient intake and breakfast quality in a mediterranean setting. **Journal of the American College of Nutrition**, v.25, p.135-143, 2006.

VENTURINI, W. G. F. **Tecnologia de cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000. 83 p.

ZSCHOERPER, O. **Apostila curso cervejeiro e malteador**. AMBEV: Porto Alegre, 2009.

YADAV, S. K.; LUTHRA, Y. P.; SOOD, D. R.; SINGH, D. Carbohydrate make up of huskey barley. **Starch-Starke**, v.52, n.4, p.125-128, 2000.

YALÇIN, E.; ÇELİK, S.; AKAR, T. ; SAYIM, I. ; KÖKSEL, H. Effects of genotype and environment on β -glucan and dietary fiber contents of hull-less barley grown in Turkey. **Food Chemistry**, London, v.101, p.171-176, 2007.

WANG, J.; ZHANG, G.; CHEN, J.; WU, F. The changes of β -glucan content and β -glucanase activity in barley before and after malting and their relationships to malt qualities. **Food Chemistry**, v.86, p. 223-228, 2004.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostras

As amostras consistiram de lotes iniciais de quinhentas toneladas das cultivares BRS - Cauê e Elis colhidos no estado do Paraná na região de Guarapuava durante a safra de inverno do ano de 2013. Os lotes foram limpos e classificados através de máquinas de peneiras e secos a uma umidade máxima de 12% em secador industrial vertical. De cada lote foram coletados 50 kg de cevada através de sonda pneumática os quais foram homogeneizados através de homogeneizador (marca Gehaka, modelo multicanais 16:1).

As amostras, cedidas pela Cooperativa Agrária Agroindustrial, foram acondicionadas e identificadas em sacas de ráfia onde permaneceram estocadas em temperatura ambiente por dois meses até a sua utilização na pesquisa.

4.2 Análises da Cevada

Cada cultivar foi analisada em triplicata quanto ao teor de umidade, poder germinativo, proteína, extrato, concentração de β -glucanas e classificação (peneiras > 2,8 + 2,5 mm). As análises foram conduzidas no laboratório central da Cooperativa Agrária Agroindustrial utilizando as metodologias da EBC - European Brewery Convention (1998), MEBAK - Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommision (2011) e AACC - American Association of Cereal Chemists (2000).

4.2.1 Teor de umidade (EBC 3.3)

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico. Cerca de 5,0g de cevada (moída em moinho de discos marca Buhler Miag DisC Mill, modelo DLFU 23050) foram acondicionadas em cápsulas de alumínio e pesadas em balança analítica (marca Precisa modelo XB 220A), após as amostras foram mantidas em estufa a 130-133°C por duas horas. Decorrido o tempo as amostras foram resfriadas em dessecador de vidro por 30 minutos. Após o resfriamento, as amostras foram novamente pesadas, repetindo-se o processo até massa constante.

4.2.2 Poder germinativo (MEBAK 2.4.1.1)

Cem grãos de cevada de cada amostra foram cortados longitudinalmente e acondicionados no compartimento de amostras mergulhado em um béquer com 300 ml de solução de tetrazólio a 1% (m/v) à temperatura de 45 ± 1 °C no interior do vitascope (marca Tecnomia). Os grãos ficaram submersos por 10 minutos. Após removeram-se os compartimentos com as amostras dos grãos do vitascope e despejou-a sobre papel filtro e com o auxílio de uma pinça quantificaram-se os grãos que apresentaram coloração rósea no gérmen.

4.2.3 Teor de proteína (EBC 3.3.2)

A proteína foi determinada por combustão pelo método dumas, cerca de 0,2 g de amostra de cevada foram inseridas no determinador (marca Leco, modelo FP528). Para o cálculo do teor proteico utilizou-se o fator de 6,25 para conversão dos resultados de nitrogênio em proteína.

4.2.4 Concentração de β -glucanas na cevada

A análise de β -glucanas das amostras das cultivares de cevada foi realizada de acordo com o método da AACC 32-23 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000) utilizando o kit enzimático da Megazyme International Ireland Ltda, realizando leituras através de espectrofotômetro (marca Hewlett Packard, modelo 8453) a 510 nm.

4.2.5 Classificação (EBC 3.11.1)

Cem gramas de cevada de cada amostra foram despejadas sobre a peneira (2,8 mm) da máquina classificadora (marca Tecnomá). Após 5 minutos de agitação a máquina foi desligada e o conteúdo das peneiras 2,8 e 2,5 mm foram quantificados através de pesagem para a determinação da primeira qualidade (soma do conteúdo das peneiras 2,8 e 2,5 mm).

4.3 Micromalteação

A micromalteação foi realizada nas instalações de micromalteio do laboratório central da Cooperativa Agrária Agroindustrial. Cada cultivar (BRS-Cauê e Elis) foi micromalteada em triplicata seguindo dois programas de germinação (64 e 96 horas). O programa seguido foi desenvolvido pela própria Cooperativa, com exceção da alteração nos tempos de germinação. Cada amostra foi composta por 15 kg de cevada.

4.4 Aplicação da β -glucanase

A enzima aplicada no malte consistiu de uma β -glucanase comercial (EC 3.2.1.2), produzida a partir da cultura do fungo *Trichoderma reesei* com atividade enzimática de 300.000 BU/g. A composição do produto comercial está apresentado na tabela 5.

Segundo recomendações do fabricante para uma atividade efetiva da enzima as condições ótimas de pH devem encontrar-se entre 4,0 a 7,0 e a temperatura entre 40 a 70 °C. Até o uso, o produto foi armazenado a temperatura de 5°C em refrigerador.

Tabela 5 - Composição da enzima comercial

Constituinte	%
β -glucanase	80-85
Benzoato de sódio	0,35
Água	15-20

Fonte: Fornecedor, (2014).

Porções de 9,0 kg de malte de cada cultivar produzido a 64 horas de germinação foram divididas em nove amostras de 1,0kg cada. Cada amostra recebeu a aplicação em triplicata de diferentes concentrações enzimáticas. A enzima foi diluída em água destilada, nas concentrações de 100 mg/kg, 50 mg/kg e 25 mg/kg de malte.

As amostras de 1,0 kg de malte foram dispostas sobre papel filtro (30 cm²), sobre estas borrifou-se a solução enzimática. A homogeneização foi realizada manualmente. Após 50 minutos de repouso as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos (poliestireno) e permaneceram a temperatura ambiente por três dias até serem analisadas. O processo foi realizado em 3 repetições para cada malte de cada cultivar e cada concentração de enzima.

4.5 Análises do Malte e do Mosto Congresso

O malte proveniente de cada cultivar, de cada programa de malteação (64 e 96 horas de germinação), e de cada concentração de β -glucanase aplicada, foi analisado em triplicata quanto ao teor de umidade, friabilidade, atividade da β -glucanase. O mosto obtido de cada malte também foi analisado em triplica para extrato, pH, cor de cocção, concentração de β -glucanas, viscosidade e poder diastásico. As análises foram conduzidas no laboratório central da Cooperativa Agrária Agroindustrial utilizando as metodologias da EBC (1998), MEBAK (2011) e McCLEARY e SHAMEER, (1987).

4.5.1 Umidade (EBC 4.2)

A umidade do malte foi determinada pelo método gravimétrico. Foram pesadas 5,0 g de malte (moído em moinho de discos marca Buhler Miag DisC Mill, modelo DLFU 23050) acondicionadas em cápsula de alumínio e pesadas em balança analítica (marca Precisa modelo XB 220A), levados a estufa a 105 °C por três horas. Decorrido o tempo as amostras foram resfriadas em dessecador de vidro com sílica gel por 30 minutos. Após o resfriamento, as amostras foram novamente pesadas, repetindo-se o processo até o peso constante.

4.5.2 Friabilidade (EBC 4.15)

Cerca de 50g de malte foram adicionados ao friabilímetro (marca Pfeuffer GmbH Kitzngen) e durante 8 minutos a amostra foi pressionada pelo cilindro emborrachado contra a tela da peneira do tambor rotativo do equipamento, ao

término da moagem o conteúdo da peneira foi pesado em balança analítica (marca Precisa modelo XB 220A). O valor da friabilidade foi então obtido através do cálculo:

$$F = (P \times 2) - 100$$

Onde:

F= friabilidade

P= peso do conteúdo retido na peneira do friabilímetro

4.5.3 Atividade enzimática da β -glucanase no malte

Para a análise da atividade enzimática da β -glucanase no malte utilizou-se o kit comercial Azo-Barley-Glucan (Megazyne Ltda., Irlanda) de acordo com McCLEARY e SHAMEER, (1987), segundo as modificações sugeridas por ZWICKERT-MENTEUR et al., (1996). As amostras foram lidas através de espectrofotômetro (marca Hewlett Packard, modelo 8453) a 590 nm.

4.5.4 Obtenção do mosto congresso (EBC 4.2)

Para a obtenção do mosto as amostras de malte foram moídas em moinho de discos (marca Buhler Miag DisC Mill, modelo DLFU 23050) segundo recomendação analítica EBC 1.1.

Pesaram-se 55g de farinha grossa (granulometria 0,7 mm) e de farinha fina (granulometria 0,2 mm), obtidas por meio da moagem no moinho de discos. No recipiente contendo a farinha foram adicionados 200 mL de água deionizada a 46 °C. A mistura foi homogeneizada com bastão de vidro. Os recipientes com as amostras foram inseridos no mosturador (marca Fluxo Tecnologia, modelo FT2072) que foi programado para a obtenção do mosto congresso, com agitação de 100 rpm com hastes agitadoras. Após 55 minutos adicionaram-se 100 mL de água

deionizada a 70 °C em cada recipiente. Atingida a temperatura ambiente no banho do mosturador removeram-se as hastes recolhendo o conteúdo do mosto por meio do enxague com água deionizada. Ao final da mostura removeram-se os recipientes do banho do mosturador e ajustou-se o peso das amostras com água deionizada. Em seguida as amostras foram filtradas em papel filtro (MN 614 320 mm) e recolhidas em erlenmeyers.

4.5.5 Extrato (EBC 4.5.1)

Com o auxílio de uma seringa injetaram-se no densímetro (ANTON PAAR, modelo DMA 4500) 20 mL de mosto. O equipamento ajustou a temperatura do mosto para 20° C e forneceu os dados de grau plato e densidade utilizados no cálculo do extrato.

$$R_{fss} = (P_{fs} \times (UM + 800) \times 100) / ((100 - P_{fs}) \times (100 - UM))$$

Onde:

R_{fss} = rendimento da farinha fina seca (%)

P_{fs} = valor do grau plato para farinha fina (P_{fs} = P_f + S)

P_f = leitura do grau plato no sacarômetro

UM= valor da umidade (%)

S = constante do sacarômetro

4.5.6 Cor de cocção (EBC 4.19)

A cor de cocção foi determinada por espectrofotômetro (marca Hewlett Packard, modelo 8453). 200 mL do mosto, obtidos a partir da farinha fina, foram

submetidos a fervura por duas horas, após resfriada a amostra fervida foi filtrada e então adicionada na cubeta para a análise no espectrofotômetro (430 nm).

4.5.7 Concentração de β -glucanas (EBC 4.16.3)

As β -glucanas no mosto foram determinadas por meio de espectrofotômetro (marca Hewlett Packard, modelo 8453). As amostras, após a adição do reagente (Gluc Test Solution A Enzytec) foram levadas ao equipamento para a leitura (510 nm). Os resultados foram obtidos através da equação de uma reta de calibração aplicada regressão linear utilizando-se a concentração das soluções e as absorbâncias

4.5.8 Viscosidade (MEBAK 4.1.4.4)

A viscosidade do mosto foi medida no viscosímetro termostatizado de queda de bola Höppler (marca Quantotec, modelo Visco Ball) mediante a cronometragem do tempo de queda da esfera embebida no mosto congresso.

4.5.9 Poder diastásico (EBC 4.12.1)

O poder diastásico foi obtido a partir da farinha fina (granulometria 0,2 mm) mosturada no programa próprio para a análise no mosturador (marca Fluxo Tecnologia, modelo FT2072). As enzimas (α e β -amilase) foram extraídas com solução tampão a 40 °C e adicionadas a uma solução de amido para a realização da hidrólise. Ao final quantificou-se o total de açúcares redutores formados.

4.5.10 pH (EBC 8.17)

Em 100 mL do mosto obtido foi introduzido o eletrodo e o sensor do pHmetro (marca Denver, modelo UB 10 MpH-03) onde, sob agitação, a leitura foi realizada.

4.6 Análise Estatística

Os dados obtidos foram analisados pelo software STATISTICA versão 10.0, submetidos a análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussão foram redigidos sob forma de capítulos para publicação, listados abaixo:

Capítulo 1 – CARACTERIZAÇÃO DAS CULTIVARES DE CEVADA BRS-CAUÊ E BRS-ELIS PARA MALTEAÇÃO

Capítulo 2 - APLICAÇÃO DE β -GLUCANASE NO MALTE PRODUZIDO A PARTIR DAS CULTIVARES DE CEVADA BRS-CAUÊ E ELIS

1 CARACTERIZAÇÃO DAS CULTIVARES DE CEVADA BRS-CAUÊ E BRS-ELIS PARA MALTEAÇÃO

RESUMO

A cevada ocupa a terceira posição como cereal mais utilizado na alimentação humana, uma de suas maiores aplicações é na produção de malte, o qual é a principal matéria-prima na obtenção de cervejas. A cevada apta para o malteio denomina-se cevada cervejeira e deve apresentar determinadas características de qualidade que serão trabalhadas durante o processo de malteação. Nos últimos anos o Brasil vem alcançando destaque no cenário mundial na produção de cervejas o que indica o aumento na demanda produtiva de malte e conseqüente produção de cevada cervejeira. O desenvolvimento de linhagens de cevada visando o cultivo nacional é fundamental não só para suprir a demanda do mercado, mas para redução dos custos industriais altamente elevados quando se utiliza matéria-prima importada. A cevada é um cereal típico de inverno com tradição de cultivo em países de clima temperado, o Brasil por ser um país de clima tropical torna ainda mais desafiante o desenvolvimento de cultivares resistentes as condições de clima do país. O objetivo deste trabalho foi determinar as características químicas, físicas e germinativas das cultivares de cevada cervejeira BRS-Cauê e Elis, safra 2013, bem como os atributos de qualidade do malte obtido através da malteação destas cultivares. Foram analisados os parâmetros: umidade, poder germinativo, proteína, β -glucanas e classificação para ambas as cultivares. As micromalteações foram realizadas com 96 horas de germinação. Os maltes produzidos foram analisados quanto a: umidade, extrato, friabilidade, atividade da β -glucanase, β -glucanas, poder diastásico e cor de cocção. Os resultados obtidos demonstraram a aptidão das cultivares nacionais para a produção de malte.

Palavras Chaves: Produção. Cevada. Malte.

ABSTRACT

Barley ranks third as cereal most widely used in food, one of its major applications is in the production of malt, which is the main raw material in obtaining beers. The barley able to malting is called brewing barley and submit certain quality requirements will be worked during the malting process. In recent years the emphasis Brazil has reached the world stage in the production of beer which indicates the increase in demand for malt production and subsequent production of malting barley. The development of barley lines targeting the national culture is essential not only to meet the market demand, but to reduce highly elevated manufacturing costs when using imported raw material. Barley is a typical winter cereal with farming tradition in temperate countries, Brazil for being a tropical country makes it even more challenging to develop resistant cultivars the country's climate conditions. The objective of this study was to determine the chemical, physical and germ of brewing barley cultivars BRS-Cauê and Elis, harvest 2013 and the malt quality attributes obtained by malting these cultivars. The following parameters were analysed: moisture, germination, protein, β -glucans and rating for both cultivars. The micromalting were performed with 96 hours of germination. The malts produced were analysed for: moisture, extract, friability, activity of β -glucanase, β -glucans, diastatic power and color cooking. The results demonstrated the ability of national varieties for the production of malt

Keywords: Production. Barley. Malt.

1.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o 3º maior produtor mundial de cerveja com um crescimento acima da média do setor (MORAES; XAVIER; ORLANDO, 2011). Diante da crescente demanda do mercado tanto a produção de malte de cevada, principal matéria-prima na produção de cervejas, quanto o cultivo de cevada cervejeira encontram-se em crescente expansão no país.

A cevada destinada a produção de malte denomina-se cevada cervejeira e deve atender aos padrões de qualidade como umidade máxima de 13%, proteína máxima 12 % e poder germinativo mínimo de 95% (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, 1996)

A produção nacional de cevada é de 380 mil toneladas ao ano, sendo cerca de 75% da produção utilizada na fabricação de malte (DE MORI; MINELLA, 2012). Para suprir a demanda malteira o Brasil ainda depende da importação de cevada, segundo Fagundes (2003), o país importa cerca de 80% da cevada que utiliza na produção de malte, tendo como seu principal país fornecedor a Argentina. Frente a demanda as indústrias produtoras de malte em conjunto com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA buscam o desenvolvimento de novas cultivares que se adaptem ao país. Em 2013, na XXIX Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada, as cultivares BRS-Cauê e Elis, foram recomendadas para o plantio nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Estas cultivares além de apresentar rendimento desejável no campo devem possuir características necessárias para a produção de malte. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as cultivares BRS-Cauê e Elis obtidas na região de Guarapuava no Paraná durante a safra de inverno do ano de 2013, quanto as características desejáveis para uma cevada cervejeira e após submeter cada cultivar a micromaltação avaliar as características de qualidade do malte obtido.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Amostras

As amostras consistiram de lotes iniciais de 500 t das cultivares BRS-Cauê e Elis colhidas na região de Guarapuava-PR durante a safra de inverno do ano de 2013. De cada lote foram coletados 50 kg de cevada através de sonda pneumática as quais foram homogeneizadas, acondicionadas e identificadas em sacas de ráfia onde permaneceram estocadas em temperatura ambiente por dois meses até a utilização na pesquisa.

1.2.2 Análises da Cevada

Cada cultivar foi analisada em triplicata quanto ao teor de umidade, poder germinativo, proteína, concentração de β -glucanas e classificação (peneiras > 2,8 + 2,5 mm). As análises foram conduzidas utilizando as metodologias da EBC - European Brewery Convention (1998), MEBAK - Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommision (2011) e AACC - American Association of Cereal Chemists (2000). Os dados obtidos foram analisados pelo software STATISTICA versão 10.0, submetidos a análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 apresenta os resultados das características químicas, físicas e germinativa das cultivares de cevada BRS - Cauê e Elis, tais como umidade, proteína, β -glucanas, classificação e poder germinativo.

Tabela 1 - Características químicas, físicas e germinativa das cultivares de cevada BRS-Cauê e Elis, safra 2013

Cultivar	Umidade (%)	Poder germinativo (%)	Proteína (%)	β glucanas (g/100g)	Classificação (2,8 + 2,5 mm) (%)
BRS-Cauê	11,93 ^a	97 ^a	11,20 ^a	3,72 ^a	92,27 ^a
BRS-Elis	10,47 ^b	98 ^a	10,33 ^b	3,37 ^a	93,20 ^b

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

Através da análise estatística, o teste de Tukey mostrou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as cultivares para o conteúdo de umidade, proteína e classificação.

O teor proteico inferior a 12%, umidade inferior a 13% e poder germinativo acima de 95% indicam que as cultivares analisadas estão dentro dos padrões da Portaria n°. 691 de 22 de novembro de 1996 do MAPA caracterizando cultivares de cevada cervejeira aptas para a malteação.

Os valores da concentração de β -glucanas encontrados não diferiram entre as cultivares. Fujita e Figueroa, (2003) determinaram o teor de β -glucanas em dez amostras de cultivares brasileiras também utilizando a metodologia da AACC, (2000) através do kit da Megazyme International Ireland Ltda. (Irlanda) e encontraram teores que variaram entre 2,04 a 9,68 g/100g. Os valores obtidos também se assemelham aos encontrados por Lizarazzo, (2001) que analisou a composição química média de sete cultivares brasileiras de cevada (safra 2001) e encontrou valores de β -glucanas entre 3,46 a 4,50 g/100g. Palmer, Shirakashi e Sanusi, (1989)

citam que cevadas com teores de β -glucanas entre 3,0 a 4,5 g/100g são recomendadas para a malteação.

Os dados analisados indicam que ambas as cultivares apresentam qualidade para a malteação.

A tabela 2 apresenta os valores de umidade, extrato, friabilidade, atividade da β -glucanase e concentração de β -glucanas do malte obtido a partir das cultivares BRS-Cauê e Elis.

Tabela 2 – Qualidade dos maltes produzidos com as cultivares BRS-Cauê e Elis

Cultivar	Tempo de germinação (h)	Umidade (%)	Extrato de moagem fina (EMF) i.a. ¹ (%)	Friabilidade (%)	Atividade β -glucanase (U/kg)	β -glucanas (mg/L)
BRS Cauê	96	4,17 ^a	80,90 ^b	85,00 ^b	471,00 ^a	90,67 ^b
BRS Elis	96	4,23 ^a	81,63 ^a	87,90 ^a	462,33 ^a	64,33 ^a

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

¹ i.a. – isento de água

De acordo com a Tabela 2 os teores de umidade para o malte de ambas as cultivares não diferiram entre si ($p < 0,05$), resultado esperado já que a etapa de secagem seguiu o mesmo programa para ambas as cultivares.

O valor de extrato de moagem fina - EMF (80,90%) obtido no malte da BRS-Cauê foi inferior ($p < 0,05$) ao teor de extrato (81,63%) encontrado para a cultivar BRS-Elis. Segundo Fox, (2009) o EMF vem a ser a principal característica a ser observada quando uma cultivar é selecionada, valores de EMF devem estar acima de 80,00%, os valores obtidos indicam a boa qualidade das cultivares aqui estudadas.

Segundo Pinto, (2013) a friabilidade mede a modificação física que ocorre com o grão durante o processo de malteação. Observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre as friabilidades encontradas para os maltes de ambas as cultivares, sendo que a BRS-Elis apresentou valor superior (87,9%) a BRS-Cauê (80,9%). De acordo com Kunze, (2006, 1075 p.) os valores aceitáveis para a friabilidade do malte devem ser superiores a 75%, desta forma foi verificado que o malte de ambas as cultivares atingiram os teores adequados.

Os valores de atividade enzimática da β -glucanase obtidas no malte das cultivares não diferiram estatisticamente ao nível de $p < 0,05$: 471,00 e 462,33 U/Kg BRS-Cauê e Elis respectivamente. Os teores de β -glucanas do mosto obtidos a partir do malte das cultivares germinadas apresentaram diferenças significativas (Tabela 2). Sendo que a cultivar BRS-Elis apresentou maior redução ($p < 0,05$) de β -glucanas com o teor de 64,33 mg/L quando comparada com a BRS-Cauê com 90,67 mg/L. Os teores de β -glucanas encontradas para os maltes obtidos de ambas as cultivares encontram-se de acordo com a recomendação da European Brewery Convention – EBC de no máximo 178 mg/L.

1.4 CONCLUSÃO

Os resultados analíticos obtidos para as cultivares de cevada BRS- Cauê e Elis mostraram que ambas as cultivares estão de acordo com as características para cevada cervejeira segundo a legislação brasileira. Os teores relativamente baixos de β -glucanas encontrados para ambas as cultivares também ressaltam a boa qualidade voltada para o processo de malteação, comprovada através dos resultados qualitativos dos maltes produzidos. Em comparação, a cultivar BRS-Elis apresentou melhores resultados de qualidade frente a cultivar BRS-Cauê.

1.5 REFERÊNCIAS

American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of AACC. 9 ed. St. Paul, 2000.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento**. Portaria nº 691, de 15 dezembro de 1996. Disponível em: <http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/cevadaindus691_96.pdf> Acesso em: 08 de ago. de 2014.

DE MORI, C.; MINELLA, E. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 28 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.pdf> Acesso em: 01 fev. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2012. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139_4.htm> Acesso em 20 fev. 2014.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. Analítica EBC. Zurich: Brauerei - und getränke-roudschau, ed. 5, 1998.

FAGUNDES M. H. Sementes de cevada. 2003. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/ee9b65650e13403f19f724263401b977..pdf>> Acesso em 12 fev. 2014.

FRITZ, J. Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission:- MEBAK Raw Materials. 1 ed. Freising-Weihenstephan, 2011, 341 p.

FUJITA, A. H.; FIGUEROA, M. O. R. Composição centesimal e teor de β -glucanas em cereais e derivados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 116-120, 2003.

KUNZE, W. **Tecnología para Cerveceros y Malteros**. 1 ed. Berlin: Versuchs-und Lehranstalt für Brauerei Berlin, 2006, 1075 p.

LIZARAZZO, Diana X.C. **Parâmetros físicos químicos, germinativos e microestruturais de qualidade em cultivares brasileiros de cevada cervejeira**. 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

McCLEARY, B.V.; SHAMEER, I. Assay of malte –glucanase using azo-barley glucan: an improved precipitant. **Journal Institute of Brewing**, v.93, p.87-90, 1987.

MORAES, M. A; XAVIER, L.F; ORLANDO, G.C. **Caracterização da estrutura de mercado de cerveja Pilsen no Brasil**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 2013, São Paulo, Disponível em: < <https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=2912&numeroEdicao=21>> Acesso em: 02 fev. 2015.

PALMER, G. H.; SHIRAKASHI, T.; SANUSI, L.A. **Physiology of germination. EBC Congress 1989**. p. 63-74. 1989.

PINTO, Ana R. M. **Avaliação do processo de secagem no fabrico de malte: caso se estudo da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2013.

ZWICKERT-MENTEUR, S.; JESTIN, L.; BRANLARD, G. Amy2 polymorphism as a possible marker of β -glucanases activity in barley. **Journal Cereal Science**,v.24, p.55-63, 1996.

2 Capítulo - APLICAÇÃO DE β -GLUCANASE NO MALTE PRODUZIDO A PARTIR DAS CULTIVARES DE CEVADA BRS-CAUÊ E ELIS

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da adição da enzima comercial β -glucanase sobre a qualidade dos maltes produzidos a partir das cultivares BRS-Cauê e Elis com tempo reduzido de germinação (64 horas). Amostras de cevada das cultivares foram malteadas com tempos de germinação de 96 horas (convencional) e 64 horas (reduzido). Parte dos maltes produzidos com 64h de germinação recebeu a adição de diferentes concentrações da enzima comercial β -glucanase. Os maltes produzidos, com e sem a adição de enzimas, foram analisados quanto aos teores de β -glucanas, umidade, viscosidade, atividade da β -glucanase, pH, friabilidade, extrato e cor de cocção. Valores de β -glucanas de 320,0 mg/L (BRS-Cauê) e 370,7 mg/L (BRS-Elis) foram observados para os maltes com 64 h de germinação sem adição da enzima e teores de 74,7 e 81,7 mg/L, respectivamente para maltes com igual tempo de germinação, mas com a adição de 100 mg.kg⁻¹ de β -glucanase, teores semelhantes aos maltes obtidos com tempo de germinação convencional (96h) de 90,7 e 64,3 mg/L, BRS-Elis e Cauê. A aplicação da β -glucanase comercial reduziu o teor de β -glucanas no malte produzido com menor tempo de germinação permitindo a otimização do processo.

Palavras Chave: β -glucanas. Malte. β -glucanase

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of adding the β -glucanase commercial enzyme on the quality of malt produced from the BRS-Cauê and Elis cultivars with reduced germination time (64 hours). Samples of barley cultivars were malting 96 hours with germination time (conventional) and 64 hours (reduced). Part of the malts produced with germination 64h received the addition of different concentrations of commercial β -glucanase enzyme. The malts produced with and without the addition of enzymes were analyzed for β -glucan content, moisture content, viscosity, β -glucanase activity, pH, crispness, and color extract cooking. B-glucans values of 320.0 mg / L (BRS-Cauê) and 370.7 mg / L (BRS-Elis) malts were observed for 64 h germination without enzyme concentration and 74.7 and 81.7 mg / L, respectively, for malt with germination time the same, but with the addition of 100 mg.kg⁻¹ β -glucanase levels similar to those obtained with conventional malt germination time (96h) and 90.7 64.3 mg / L, BRS-Elis and Cauê. The application of commercial β -glucanase reduced the β -glucan content in malt produced with shorter germination enabling process optimization.

Keywords: β -glucans, malt, β -glucanase.

2.1 INTRODUÇÃO

A principal matéria-prima na fabricação de cervejas é o malte de cevada obtido pelo processo de malteação, no qual ocorre a germinação do grão mediante ao controle de parâmetros como tempo, temperatura e umidade. A malteação objetiva a alteração e o enriquecimento do sistema enzimático da cevada para que ocorram as modificações do amido presente nas células do endosperma do grão hidrolisando em açúcares fermentescíveis, necessários para a produção de cerveja (BELETI; DUARTE; KRAEMER-GEORG, 2012; KUNZE, 2006, 1075 p.). É na etapa de germinação controlada durante a malteação, que com a absorção de água o metabolismo do grão é ativado formando várias enzimas, dentre elas as glucanases (KUNTZ; BAMFORTH, 2007).

As glucanases são enzimas que hidrolisam os componentes da parede celular do grão de cevada. A degradação ineficiente destes compostos resulta em maltes com elevados teores de β -glucanas as quais devido as suas propriedades reológicas aumentam a viscosidade do mosto cervejeiro causando problemas de filtração e turvação da cerveja. A indústria malteira tem como um de seus principais controles de qualidade a produção de um malte com baixos teores de β -glucanas. Uma das exigências da indústria cervejeira às maltarias é o fornecimento de um malte com teores de β -glucanas de até 178 mg/L (EUROPEAN BREWERY CONVENTION - EBC, 2011). Fatores ambientais como o clima e condições de cultivo influenciam na concentração de β -glucanas da cevada, desta forma diante de safras com elevados teores de β -glucanas, a indústria de malte ajusta seus parâmetros de processo (tempo, temperatura, umidade, adição de fitormônios) para atender as exigências do mercado. Neste caso uma etapa de germinação mais prolongada, onde ocorre a hidrólise das β -glucanas é fundamental. Uma das formas de promover a degradação de β -glucanas reduzindo o tempo de germinação é através da adição da β -glucanase no malte já produzido, estas enzimas irão agir na cervejaria durante a etapa da mostura. Diante do exposto, este trabalho visa avaliar a redução de β -glucanas no malte com a aplicação da β -glucanase comercial e investigar a sua influência na qualidade do malte e mosto obtidos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Amostras de cevada

As amostras de cevada consistiram de lotes iniciais de 500 ton das cultivares BRS-Cauê e Elis, colhidas na região de Guarapuava-PR durante a safra de 2013. De cada lote foram coletados 50 kg de cevada que foram armazenadas em sacas de ráfia em temperatura ambiente por dois meses até a sua utilização na pesquisa.

2.2.2 Micromalteação

A micromalteação foi realizada nas instalações de micromalteio do laboratório central da Cooperativa Agrária Agroindustrial. Cada cultivar (BRS-Cauê e Elis) foi micromalteada em triplicata seguindo dois programas de germinação (64 e 96 horas). Cada amostra foi composta por 15 kg de cevada.

As amostras após limpas e classificadas em peneiras acima de 2,2 mm foram depositadas em caixas de aço inox com fundo perfurado e maceradas em um macerador (marca Seeger) seguindo um programa de maceração de doze horas. O programa consistiu de múltipla imersão alternando entre períodos úmidos e secos (KUNZE, 2006, 1075 p.).

A cevada foi submersa em água potável por 4 horas, após o período toda a água foi esgotada, decorridas 4 horas a cevada foi novamente submersa em água potável por mais 4 horas. Ao término toda a água foi esgotada para dar início ao processo de germinação. Todo o processo de maceração foi mantido a 20°C.

Para o processo de germinação a massa de grãos de cada amostra foi removida das caixas maceradoras e depositada em vasos de barro perfurados os quais foram levados para a câmara de germinação com temperatura (20 °C) e umidade (92%) controladas.

Os revolvimentos da massa de grãos foram realizados manualmente, sendo o primeiro realizado 16 horas após a maceração com a adição de água potável e ácido giberélico (0,2 mg/ kg), (teor de pureza 90%) e os demais a cada 8 horas até o final da germinação, sendo que os três primeiros após a adição do fito hormônio foram adicionados de água e os demais ocorreram a seco.

A adição de água na etapa de germinação foi realizada conforme a analítica EBC, os teores de umidade na massa de grãos foram alcançados utilizando-se o peso e a umidade inicial da amostra para o cálculo do peso que a amostra deveria alcançar com os teores de umidade desejados, alcançando uma umidade final de 46 %. A etapa de germinação foi conduzida por 64 horas e 96 horas para cada cultivar.

A secagem do malte verde foi realizada em estufa de micromalteio (marca Seeger) seguindo o programa: 16 horas e 30 minutos a 50 °C seguido de 1h a 60 °C, 1h a 70 °C e 2h e 30 minutos a 80 °C, totalizando 21 horas de secagem.

O malte seco foi degerminado manualmente removendo as radículas por meio da fricção dos grãos contra a peneira de 2,2 mm. De cada 15,0 kg de amostra de cevada micromalteada foram obtidos aproximadamente 14,8 kg de malte.

2.2.3 Aplicação da β -glucanase

A enzima aplicada no malte consistiu de uma β -glucanase comercial (EC 3.2.1.2), produzida a partir da cultura do fungo *Trichoderma reesei* com atividade enzimática de 300.000 BU/g. Porções de 9,0 kg de malte de cada cultivar produzido a 64 horas de germinação foram divididos em nove amostras de 1,0kg. Cada amostra recebeu a aplicação em triplicata de diferentes concentrações enzimáticas. Pesou-se 0,1g da enzima comercial e adicionou a 5,0 mL de água destilada, a solução enzimática obtida foi aplicada em 1,0 kg de malte obtendo a concentração de 100 mg/kg de malte, o mesmo foi realizado para as concentrações de 50 mg/kg e 25 mg/kg.

Para a aplicação da β -glucanase os 5,0 mL de cada concentração da solução de β -glucanase foram adicionados em um béquer no qual foi inserido uma pistola de frasco borrifador com bico tipo leque. As amostras de 1,0 kg foram

dispostas sobre papel filtro (30 cm²) onde foram borrifadas com a solução enzimática e depois homogeneizadas manualmente. Tanto a diluição quanto a aplicação das soluções foram realizadas em sala com temperatura em torno de 20 a 23 °C. Após 50 minutos de repouso as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos e permaneceram armazenadas em temperatura ambiente por três dias até serem analisadas. O processo foi realizado em 3 repetições para cada cultivar (BRS-Cauê e Elis) e cada concentração de enzima.

2.2.4 Análises do Malte e Mosto Congresso

O malte proveniente de cada cultivar, de cada programa de malteação (64 e 96 horas de germinação) e de cada concentração de β -glucanase aplicada, foi analisado em triplicata quanto ao teor de umidade, friabilidade, atividade da β -glucanase. O mosto obtido de cada malte também foi analisado em triplica para extrato, pH, cor de cocção, concentração de β -glucanas, viscosidade e poder diastásico. As análises foram conduzidas utilizando as metodologias da EBC (1998), MEBAK (2011) e McCLEARY & SHAMEER, (1987). Os dados obtidos foram analisados pelo software STATISTICA versão 10.0, submetidos a análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os valores de umidade, extrato, friabilidade, atividade da β -glucanase e concentração de β -glucanas para as cultivares BRS-Cauê e Elis produzidas com tempo de germinação de 96 e 64 horas.

Tabela 1 – Qualidade dos maltes das cultivares BRS-Cauê e Elis produzidos em tempos de germinação de 96 e 64 horas

Cultivar	Tempo de germinação (h)	Umidade (%)	Extrato de moagem fina (EMF) i.a. ¹ (%)	Friabilidade (%)	Atividade β -glucanase (U/kg)	β -glucanas (mg/L)
BRS Cauê	96	4,17 ^a	80,90 ^c	85,00 ^b	471,00 ^a	90,67 ^b
BRS Elis	96	4,23 ^a	81,63 ^b	87,90 ^a	462,33 ^a	64,33 ^a
BRS Cauê	64	4,80 ^b	81,40 ^b	70,80 ^d	317,67 ^b	320,00 ^c
BRS Elis	64	4,73 ^b	82,10 ^a	73,30 ^c	332,33 ^b	370,67 ^d

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

¹ i.a. – isento de água

Os teores de umidade obtidos em tempos diferentes de germinação mostram que os maltes de ambas as cultivares diferiram entre si ($p < 0,05$). Embora todas as amostras tenham sido processadas com o mesmo programa de secagem observou-se uma menor perda de água através da malteação com tempo de germinação mais reduzido (64h), resultado verificado por meio da umidade ao final da germinação (Tabela 1). A caracterização prévia das cultivares indicou umidades iniciais (11,93% e 10,47% BRS- Cauê e Elis) diferentes ($p < 0,05$), no entanto, após a malteação não se observou esta diferença entre as cultivares malteadas submetidas ao mesmo tempo de germinação. Em 96 h os maltes produzidos a partir das cultivares BRS-Cauê e Elis apresentaram 4,17 e 4,23 % de umidade e em 64h 4,80 e 4,73%, respectivamente.

O valor de extrato de moagem fina - EMF (80,90%) obtido pela BRS-Cauê germinada com 96 h foi menor ($p < 0,05$) que quando germinada com 64 h (81,40%). O mesmo ocorreu com a cultivar BRS-Elis com valores de EMF de 81,63% (96 h) e 82,10% (64h). Isto se deve ao fato de que em um tempo maior de germinação ocorre um maior consumo do extrato pelo embrião, a fim de transformar o grão em uma nova planta. Segundo Kunze, (2006, 1075 p.) para se reduzir as perdas de extrato, deve-se reduzir o tempo de germinação, pois durante esta etapa através da respiração do grão o amido é transformado em açúcares que são fornecidos ao embrião, desta forma o extrato, importante para a produção do mosto cervejeiro, se reduz. Portanto maltes germinados com menor tempo de germinação apresentaram maior conteúdo de extrato ($p < 0,05$).

De acordo Pinto, (2013) a friabilidade mede a modificação física que ocorre com o grão durante o processo de malteação. As cultivares malteadas com 64 h de germinação obtiveram menor ($p < 0,05$) teor de friabilidade (70,80 e 73,30 %, para BRS-Cauê e Elis, respectivamente), resultado de uma menor transformação sofrida pelos grãos quando comparadas com as cultivares germinadas a 96 h (85,00 e 87,90 %, para BRS-Cauê e Elis, respectivamente). Nesta etapa as enzimas liberadas e ativadas degradam as paredes celulares do grão tornando-o friável (BRIGGS, 2002). O tempo reduzido de germinação de 64 h não foi suficiente para que a ativação e a ação enzimática proporcionasse uma maior friabilidade do grão. De acordo com Kunze, (2006, 1075 p.) os valores aceitáveis para a friabilidade do malte devem ser superiores a 75%, neste quesito o malte de ambas as cultivares com 96h de germinação atingiram os teores adequados.

A tabela 1 mostra que os tempos de germinação (96 e 64h) influenciaram a atividade enzimática para as cultivares BRS-Cauê e Elis. A atividade da β -glucanase nos maltes produzidos com tempo de germinação mais longo (96 h) (471,0 e 462,33 U/kg) foi superior à atividade enzimática dos maltes produzidos em menor tempo de germinação (64h), com atividade variando de 317,67 e 332,33 U/kg para BRS-Cauê e Elis, respectivamente. Não apresentou diferença ($p < 0,05$) entre as cultivares nos mesmos tempos de germinação.

Segundo Kraemer et al., (2004) vários autores relatam em seus estudos que inicialmente a atividade enzimática no grão de cevada é lenta aumentando a partir do 2° ao 4° dia durante a etapa de germinação.

Todos os valores de β -glucanas do mosto obtido a partir do malte das cultivares germinadas a 96 e 64 horas apresentaram diferenças significativas (Tabela 1). Sendo que em 96h a cultivar BRS-Elis apresentou maior redução ($p < 0,05$) de β -glucanas apresentando teor de 64,33 mg/L quando comparada com a BRS-Cauê com 90,67 mg/L. No entanto, verifica-se que à 64h, a cultivar BRS-Cauê apresentou menor ($p < 0,05$) teor de β -glucanas (320,00 mg/L) quando comparado à BRS-Elis (370,67 mg/L).

Dois cultivares nacionais de cevada (N721 e N740) analisadas por Beleti, Duarte e Kraemer-George, (2005) apresentaram teor de β -glucanas de 112 mg/L e 214 mg/L, respectivamente, utilizando um programa de malteação com germinação de 120 horas com temperatura inicial de 22°C decrescendo a partir do 2º dia para 17°C. Os autores realizaram outros programas de germinação, porém o citado foi o que mais se assemelhou ao presente trabalho para com o tempo de germinação mais prolongado, os autores também utilizaram a mesma dosagem de ácido giberélico (0,2 mg/kg). Os valores médios de β -glucanas de 90,67 e 64,33 mg/L em 96 horas de germinação demonstraram uma maior degradação das β -glucanas do que a obtida na pesquisa utilizando 120 horas. Embora os resultados da atividade enzimática obtidos por Beleti, Duarte e Kraemer-George, (2005) tenham sido superiores aos encontradas nesta pesquisa, tanto o programa de maceração quanto o de germinação utilizados aqui foram conduzidos a temperatura constante de 20 °C fator que influencia na maior degradação das β -glucanas. De acordo com Kunze (2006, 1075 p.) o uso de temperaturas mais altas na maceração/germinação proporciona maior absorção de água pelo grão o que auxilia na degradação do polissacarídeo. Pinto, (2013) cita que valores reduzidos de β -glucanas no malte evitam a adição de enzimas na etapa de brassagem pela indústria cervejeira.

As tabelas 2 e 3 apresentam os valores de umidade, β -glucanas, viscosidade, atividade da β -glucanase e pH para as cultivares BRS-Cauê e Elis, respectivamente, produzidas com germinação de 96, 64 e 64 horas com aplicação das concentrações de 100, 50 e 25 mg/kg de β -glucanase no malte.

Tabela 2 - Qualidade dos maltes produzidos a partir da cultivar BRS-Cauê em tempos de germinação de 96 e 64 horas com e sem adição de β -glucanase

Tempo de germinação / β -glucanase	Umidade (%)	β -glucanas (mg/L)	Viscosidade (mPa.s)	Atividade β -glucanase (U/kg)	pH
96 h / 0mg.kg ⁻¹	4,17 ^a	90,67 ^a	1,45 ^a	471,00 ^a	5,97 ^a
64 h / 0mg.kg ⁻¹	4,80 ^b	320,00 ^d	1,57 ^c	317,67 ^c	5,84 ^c
64 h / 100mg.kg ⁻¹	5,20 ^c	74,67 ^a	1,52 ^b	396,33 ^b	5,91 ^b
64 h / 50mg.kg ⁻¹	5,23 ^c	116,33 ^b	1,51 ^b	342,67 ^{bc}	5,93 ^{ab}
64 h / 25mg.kg ⁻¹	5,47 ^d	172,67 ^c	1,55 ^c	339,33 ^{bc}	5,94 ^{ab}

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

Tabela 3 - Qualidade dos maltes produzidos a partir da cultivar BRS- Elis em tempos de germinação de 96 e 64 horas com e sem adição de β -glucanase

Tempo de germinação / β -glucanase	Umidade (%)	β -glucanas (mg/L)	Viscosidade (mPa.s)	Atividade β -glucanase (U/kg)	pH
96 h / 0mg.kg ⁻¹	4,23 ^a	64,33 ^a	1,47 ^a	462,33 ^a	5,83 ^e
64 h / 0mg.kg ⁻¹	4,73 ^b	370,67 ^e	1,59 ^d	332,33 ^b	5,87 ^d
64 h / 100mg.kg ⁻¹	5,13 ^c	81,67 ^b	1,51 ^b	380,67 ^b	5,99 ^b
64 h / 50mg.kg ⁻¹	5,47 ^c	158,67 ^c	1,52 ^b	350,00 ^b	6,04 ^a
64 h / 25mg.kg ⁻¹	5,27 ^c	213,67 ^d	1,55 ^c	344,33 ^b	5,93 ^c

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

Para os maltes de ambas as cultivares germinadas a 64 h adicionados de 100 mg/kg de β -glucanase o teor de β -glucanas resultou em 74,67 e 81,67 mg/L para BRS-Cauê e Elis respectivamente, uma redução de 76,67% e 77,96% quando comparados aos teores das cultivares germinadas a 64 h sem a adição da enzima. Sendo que estes valores a 64h não diferiram estatisticamente dos encontrados para as cultivares germinadas com 96 h. A partir da aplicação da menor concentração da

enzima comercial (25 mg/kg) o malte da cultivar BRS-Cauê, germinado a 64 h, atingiu um teor β -glucanas (172,67 mg/L) abaixo do limite máximo recomendado (178 mg/L), já a aplicação de 50 mg/kg de β -glucanase resultou no teor de 116,33 mg/L de β -glucanas.

A concentração de 25 mg/kg de β -glucanase no malte, germinado a 64h, produzido com a variedade BRS-Elis não foi suficiente (213,67 mg/L) para a obtenção de um malte com teores de β -glucanas abaixo do limite máximo recomendado (178 mg/L). No entanto, a partir da adição de 50 mg/kg da enzima comercial obteve-se um teor de β -glucanas (158,67mg/L) dentro do limite recomendado.

Os valores elevados de β -glucanas (320,00 e 370,67 mg/L,) obtidos para as cultivares BRS-Cauê e Elis germinadas com 64 horas mostrou que o tempo não foi suficiente para a ação da β -glucanase endógena, tais valores de β -glucanas ultrapassaram o limite máximo de 178 mg/L recomendado pela EBC (2011) para a indústria cervejeira.

A figura 1 mostra a redução gradual do teor de β -glucanas para ambas as cultivares após a adição da enzima comercial. Considerando o limite máximo de β -glucanas recomendado pela EBC (2011) de 178 mg/L para o malte cervejeiro, através das equações das retas, calculou-se as concentrações de β -glucanase necessária para atender essa exigência sendo então necessário a adição de 31,39 mg/kg para a cultivar BRS-Cauê ($R^2= 0,9836$) e 44,13 mg/kg para a cultivar BRS-Elis ($R^2= 0,9379$).

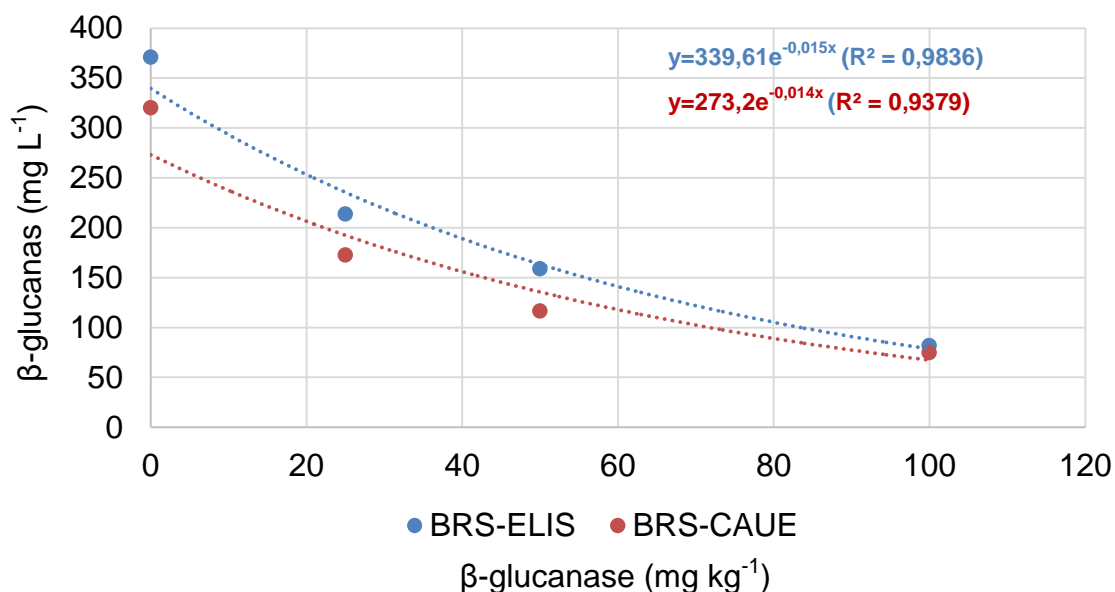


Figura 1 – Gráfico da redução de β-glucanas nos maltes das cultivares BRS-Cauê e Elis germinados a 64h após a aplicação de diferentes concentrações β-glucanase comercial
Fonte: Autor, (2014)

Para os dados obtidos na análise de viscosidade os valores médios de 1,45 e 1,47 m.Pa.s foram encontrados para as cultivares germinadas a 96 horas, BRS-Cauê e Elis respectivamente e valores médios maiores de 1,57 e 1,59 m.Pa.s foram observados para as cultivares germinadas a 64 horas, ou seja maltes que sofreram maior degradação enzimática dispunham de menor conteúdo de β-glucanas com conseqüente menor viscosidade do mosto.

Grande parte dos valores encontrados de viscosidade estão de acordo com os de LIZARAZO (2003), que obteve a faixa de 1,47 a 1,58 m.Pa.s, através de uma pesquisa com cinco cultivares de cevada (Embrapa 127, MN684, MN698, BR-2 e CBB1) cultivadas em dois estados do Sul na safra de 2001. Os valores do malte germinado a 96 horas encontram-se abaixo de 1,55 m.Pa.s, valor de acordo com a especificação da Sociedade Central de Cervejas, grande produtora de cervejas em Portugal segundo PINTO (2013).

Nos maltes germinados a 64h adicionados das três diferentes concentrações enzimáticas os valores reduzidos mais significativos de viscosidade para ambas as

cultivares alcançados foram os partir da adição das concentrações de 100 e 50 mg/kg.

Observando as tabelas 2 e 3 a aplicação das enzimas levaram ao incremento da umidade do malte, com teor de umidade de 5,20 a 5,47% (BRS-Cauê) e de 5,13 a 5,27% (BRS-Elis) foram encontrados para os maltes obtidos das cultivares após a adição de 5mL de 100 e 25mg/kg de enzima, respectivamente. Os valores obtidos estão próximos aos de TSCHOPE (1999, 272 p.) o qual cita que a umidade do malte deve variar em torno de 3,0 a 5,0% para maltes claros.

A atividade enzimática de 317,67U/kg encontrada no malte BRS- Cauê a 64h sem adição de enzima diferiu estatisticamente do malte a 64h que recebeu a maior concentração (100mg/kg) de β -glucanase (396,33 U/kg), já para as aplicações de 50 e 25 mg/kg não houve diferença estatística quando comparadas com a cultivar germinada a 64h sem a aplicação da enzima.

Para a cultivar BRS - Elis os valores da atividade não diferiram estatisticamente para a cultivar germinada a 64 h com e sem a aplicação da enzima. Observando os resultados do teor de β -glucanas, pressupõe-se que a metodologia de análise de atividade enzimática realizada através do método de (McCLEARY e SHAMEER, (1987), segundo as modificações sugeridas por ZWICKERT-MENTEUR et al., (1996), não tenha sido eficiente para extração de β -glucanase, quando comparada com a o processo de mostura envolvida no método de análise de β -glucanas pela EBC.

Os maltes germinados à 64h apresentaram valores mínimos de pH de 5,83-5,87 e máximos de 5,97 a 6,04. Os valores de pH obtidos na mostura do malte germinado a 64 h indicam que o pH foi adequado para a ação enzimática da β -glucanase descritas pelo fabricante como faixa de pH ótimo de 4,0 a 7,0 e citada em literatura entre 4,50 a 6,50 (BIAZUS et al., 2006). Sleiman e Venturini Filho, (2004) citam valores de mostos obtidos de malte em torno de 5,0 a 6,0, desta forma observa-se que a aplicação enzimática não alterou a faixa de pH significativamente.

Através da aplicação enzimática em maltes com elevados teores de β -glucanas obtiveram-se maltes com níveis satisfatórios de β -glucanas e importante para a condução do processo de filtração na etapa seguinte na cervejaria. Também não se observou alterações significativas nos teores de umidade e pH.

As tabelas 4 e 5 apresentam os valores de friabilidade, extrato, cor de cocção e poder diastásico para as cultivares produzidas com germinação a 96, 64 horas e a 64 horas com aplicação das concentrações 100, 50 e 25 mg/kg de β -glucanase em malte.

Tabela 4 Qualidade dos maltes da cultivar BRS-Cauê obtidos através de tempos de germinação de 96 e 64 horas com e sem adição de β -glucanase

Tempo de germinação / β -glucanase	Friabilidade (%)	Extrato de moagem fina (EMF) i.a. ¹ (%)	Cor de cocção (EBC)	Poder diastásico (WK)
96 h / 0mg.kg ⁻¹	85,00 ^a	80,90 ^c	6,13 ^c	304,33 ^a
64 h / 0mg.kg ⁻¹	70,80 ^b	81,40 ^b	5,60 ^{ab}	277,67 ^{bc}
64 h / 100mg.kg ⁻¹	68,70 ^b	81,53 ^b	5,57 ^a	286,00 ^b
64 h / 50mg.kg ⁻¹	69,96 ^b	82,13 ^a	5,90 ^{bc}	268,67 ^c
64 h / 25mg.kg ⁻¹	68,57 ^b	81,40 ^b	5,50 ^a	282,33 ^{bc}

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente (p<0,05)

1 – i.a. – isento de água

Tabela 5 Qualidade dos maltes da cultivar BRS-Elis obtidos através de tempos de germinação de 96 e 64 horas com e sem adição de β -glucanase

Tempo de germinação / β -glucanase	Friabilidade (%)	Extrato de moagem fina (EMF) i.a. ¹ (%)	Cor de cocção (EBC)	Poder diastásico (WK)
96 h / 0mg.kg ⁻¹	87,90 ^a	81,63 ^b	6,20 ^b	281,00 ^a
64 h / 0mg.kg ⁻¹	73,30 ^b	82,10 ^a	5,67 ^a	229,67 ^b
64 h / 100mg.kg ⁻¹	71,63 ^{bc}	82,47 ^a	5,67 ^a	252,00 ^b
64 h / 50mg.kg ⁻¹	71,87 ^{bc}	82,23 ^a	5,70 ^a	242,67 ^b
64 h / 25mg.kg ⁻¹	71,13 ^c	82,27 ^a	5,87 ^a	236,33 ^b

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente (p<0,05)

1 – i.a. – isento de água

Nas tabelas 4 e 5 os baixos valores de friabilidade para as cultivares germinadas em 64 h demonstraram uma menor transformação provocada por meio das enzimas quando comparados às germinadas em 96h, conforme se esperava a adição de diferentes concentrações enzimáticas não causaram efeito sobre o parâmetro de friabilidade, pois se trata de uma análise realizada sem meio aquoso o que não proporciona a ativação da enzima aplicada. Segundo Wang e Zhang, (2010) a redução do teor de β -glucanas é essencial para a obtenção de um malte friável.

De acordo com Kunze, (2006, 1075 p.) os valores aceitáveis para o parâmetro de friabilidade no malte devem estar acima de 75%, entretanto Darlington e Palmer (1996 apud LIZARAZZO, 2003) citam que valores altos de friabilidade, (> 85%) nem sempre estão correlacionados com bom desempenho do malte durante o processo de produção da cerveja.

Através dos resultados apresentados para o EMF foi observada a diferença estatística ($p < 0,05$) entre ambas as cultivares germinadas em tempos diferentes (96h e 64 h). Comparando os resultados da cultivar BRS-Cauê germinada a 64 horas com e sem a adição de β -glucanase apenas o malte com adição de 50 mg/kg apresentou maior quantidade de extrato. Realizando semelhante comparação para com os maltes da cultivar BRS-Elis germinada a 64 h com e sem a adição de β -glucanase não se encontrou diferença significativa, tais resultados pressupõem que a a enzima β -glucanase não apresentou efeito sobre a formação de extrato e sim o menor tempo de germinação foi o responsável pelo aumento do extrato.

Os maiores valores para a cor de cocção do mosto foi encontrado para as cultivares germinadas a 96h (6,13 EBC, BRS- Cauê e 6,20 EBC para BRS-Elis) quando comparadas às germinadas a 64h (5,60 EBC para BRS- Cauê e 5,67 EBC para BRS-Elis), os valores se devem justamente ao maior conteúdo de açúcares formados proveniente do maior tempo de germinação, segundo Bortolotti, (2009) os açúcares são substratos para a reação de Maillard realizada com os aminoácidos responsável pela formação de substâncias corantes, por esta razão os valores para cor de cocção para ambos os maltes das cultivares aplicadas enzima foram menores que no malte germinado a 96h, a aplicação enzimática não influenciou na cor de cocção e sim o tempo de germinação. Segundo Spiel, (1999) a cor de cocção do mosto está diretamente relacionada com a cor da cerveja que se pretende obter,

Zschoerper, (2009) cita que os valores de cor para o malte pilsen devem estar abaixo de 6,0 EBC.

De acordo com Pinto, (2013) o poder diastásico expressa a quantidade de enzimas produzidas ativadas durante a malteação, segundo Santos, Oliveira e Silva, (2010) altos valores do parâmetro são cruciais na produção de açúcares redutores durante a mostura essenciais para alimentação das leveduras na produção da cerveja. Kreis, (2009) reportou que valores bons de poder diastásico estão situados acima de 200 WK. Os resultados obtidos mostram valores de 304,33 e 281,00 WK para as cultivares BRS- Cauê e Elis, respectivamente germinadas a 96h, tais valores quando comparados entre cada cultivar germinada a 64h são maiores e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$), mostrando novamente que o malte com uma germinação mais longa possui maior quantidade de enzimas. Embora segundo Erdal, et al., (1993) a β -amilase seja a enzima com maior contribuição para o poder diastásico na presente pesquisa não se observou valores conclusivos de um possível aumento do parâmetro através da aplicação desta enzima quando comparado ao malte obtido com menor tempo de germinação.

A aplicação enzimática não teve ação sobre os parâmetros de friabilidade, extrato de moagem fina e cor de cocção o que se observa nestes parâmetros é influência do tempo na etapa de germinação. Para o teor de poder diastásico não foi possível concluir um aumento conforme o esperado.

2.4 CONCLUSÃO

A utilização da enzima β -glucanase resultou em uma redução do teor de β -glucanas dos maltes produzidos com 64 horas de germinação, após a mostura. Após a aplicação da enzima tanto o teor de β -glucanas quanto o de viscosidade foram reduzidos sendo que os demais parâmetros de qualidade não foram afetados. Para se atingir o teor ideal de β -glucanas seriam necessárias a aplicação de 31,39 mg/kg da enzima para a cultivar BRS-Cauê e 44,13 mg/kg para a cultivar BRS-Elis.

2.5 REFERÊNCIAS

American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of AACC. 9 ed. St. Paul, 2000.

BORTOLOTTI, Cristina M. **Caracterização de farinhas de cevada e o efeito da sua incorporação sobre a qualidade do pão de forma**. 2009. 138p. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION
<http://www.europeanbreweryconvention.org/PDF/AC%2018th%20EBC%20standard%20malt%20FV.pdf>> Acesso em 07 jul. 2014.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. Analítica EBC. Zurich: Brauerei - und getränke-roudschau, ed. 5, 1998.

KUNTZ, R. J.; BAMFORTH, C. W. Time course for the development of enzymes in barley. **Journal of the Institute of Brewing**, v.113, n. 2, p.196-205, 2007.

KUNZE, W. **Tecnología para Cerveceros y Malteros**. 1 ed. Berlin: Versuchs-und Lehranstalt für Brauerei Berlin, 2006, 1075 p.

LIZARAZZO, Diana X.C. **Parâmetros físicos químicos, germinativos e microestruturais de qualidade em cultivares brasileiros de cevada cervejeira**. 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

FRITZ, J. Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission:- MEBAK Raw Materials. 1 ed. Freising-Weihenstephan, 2011, 341 p.

PINTO, Ana R. M. **Avaliação do processo de secagem no fabrico de malte: caso se estudo da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2013.

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.

SPIEL G. Current and future trends in barley quality requirements. 1999. Disponível em; < <http://www.regional.org.au/au/abts/1999/spiel.htm>> Acesso em: 02 ago 2014.
 TSCHOPE, E. C; NOHEL, F. **A malteação da cevada**. Vassouras, SENAI – RJ, 1999, 272 p.

ZSCHOERPER, O. **Apostila curso cervejeiro e malteador**. AMBEV: Porto Alegre, 2009

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares de cevada vêm adquirindo melhorias genéticas cada vez mais propícias para a produção de malte cervejeiro. Ainda assim, para otimização do processo industrial é primordial a sua caracterização a fim de se verificar os melhores parâmetros para malteação.

A malteação com a germinação de 96 horas comumente utilizada nas indústrias malteiras é eficaz para a produção do malte cervejeiro. O estudo mostrou que embora o tempo reduzido de 64 horas de germinação não é suficiente para a redução do teor de β -glucanas e friabilidade para valores recomendados para produção de cerveja. No entanto, aplicação da enzima comercial β -glucanase demonstrou ser possível otimizar o tempo de germinação na malteação de 96 para 64h sem afetar a qualidade do malte cervejeiro.