



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE AVEIA BRANCA, CULTIVAR ALBASUL, E
EFEITOS DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE A QUALIDADE DOS GRÃOS E
DA BETA-GLICANA**

LEANDRO DA CONCEIÇÃO OLIVEIRA

Pelotas, 2007.

LEANDRO DA CONCEIÇÃO OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE AVEIA BRANCA, CULTIVAR ALBASUL, E
EFEITOS DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE A QUALIDADE DOS GRÃOS E
DA BETA-GLICANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski

Pelotas, 2007.

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

O48c Oliveira, Leandro da Conceição

Caracterização química de aveia branca, cultivar Albasul e efeitos da temperatura de secagem sobre a qualidade dos grãos e da beta-glicana / Leandro da Conceição Oliveira. - Pelotas, 2007.
87f. : il.

Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2007, Moacir Cardoso Elias, Orientador; co-orientador Luiz Carlos Gutkoski.

1. Avena sativa L. 2. Beta-glicanas 3. Extração 4. Propriedades I Elias, Moacir Cardoso (orientador) II .Título.

CDD 633.13

Banca Examinadora

Moacir Cardoso Elias

Luiz Carlos Gutkoski

Fabrizio da Fonseca Barbosa

Fernando Irajá Felix de Carvalho

Dedico...

*A minha avó, Elça Miranda,
cujos valores ensinados e proteção dedicada
contribuíram na construção de meu caráter e personalidade.*

*A minha irmã Meliza e meus pais, Edison e Ana Lia Oliveira
(meus primeiros educadores), meu eterno porto seguro.*

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Moacir Cardoso Elias pela orientação, pelos ensinamentos, incentivo, e em especial pela amizade.

Ao Professor Luiz Carlos Gutkoski pela orientação, dedicação, estímulo, amizade e a sua esposa, Ivone Pedó, e seus filhos, pelo afeto e presteza.

A todos os colegas de trabalho do Laboratório de Pós-colheita, industrialização e qualidade de grãos; em especial a Elvio Aosani, Volnei Meneguetti, Maurício Oliveira, Jeferson Rocha, Fernanda Neves e Ana Paula Sacramento pela grande amizade construída.

A colega e amiga Elizabeti Helbignt pela ajuda na realização das análises estatísticas.

A aluna de iniciação científica Débora Freitas, pela ajuda na realização das análises e pela amizade.

A Universidade Federal de Pelotas pelos cursos de graduação e pós-graduação.

A Universidade de Passo Fundo, Centro de Pesquisa em Alimentos, pela oportunidade de realização de parte deste trabalho.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao amigo Luciano Passos Moraes, pela grande amizade e colaboração.

A meus pais e minha irmã, simplesmente por existirem e serem minha família.

Especialmente a Deus, pela vida e pela luz no meu caminho.

*...La vida cabe em um clic
En un abrir y cerrar
En cualquier copa de avena
Se trata de distinguir
Lo que vale de lo que no vale a pena...*

Jorge Drexler

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	08
LISTA DE TABELAS.....	09
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E PROCESSAMENTO DE GRÃO DE AVEIA.....	14
2.2 BETA-GLICANAS	16
2.3 SECAGEM.....	20
2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
3 EXPERIMENTOS.....	28
3.1 ESTUDO 1	28
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE AVEIA (AVENA SATIVA L.) BRANCA DO CULTIVAR ALBASUL.....	28
RESUMO.....	28
3.1.1 INTRODUÇÃO.....	29
3.1.2 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.1.4 CONCLUSÕES.....	38
3.1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
3.2 ESTUDO 2	43
COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS NO RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO DE B-GLICANAS EM AVEIA (AVENA SATIVA L.) BRANCA.....	43
RESUMO.....	43
3.2.1 INTRODUÇÃO.....	44
3.2.2 MATERIAL E MÉTODOS	46
3.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.2.4 CONCLUSÃO	54
3.2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
3.3 ESTUDO 3	58
AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NA QUALIDADE DE GRÃOS DE AVEIA E DE BETA-GLICANAS	58
RESUMO.....	58
3.3.1 INTRODUÇÃO.....	59
3.3.2 MATERIAL E MÉTODOS	61
3.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
3.3.4 CONCLUSÕES.....	82
3.3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

Lista de Figuras

FIGURA 1.1	Principais características do grão de aveia.....	15
FIGURA 1.2	Representação estrutural da fibra beta-glicana.....	17
FIGURA 2.1	Concentração de beta-glicanas em diferentes frações granulométricas de aveia.....	49
FIGURA 2.2	Comparação de beta-glicanas e demais componentes em extratos de diferentes métodos de extração.....	52
FIGURA 2.3	Análise cromatográfica (CCDC) de extratos de beta-glicanas obtidos por diferentes métodos de extração.....	54
FIGURA 3.1	Fluxograma do processo da concentração das beta-glicanas do farelo de aveia.....	65
FIGURA 3.2	Fluxograma do processo de extração das beta-glicanas do farelo de aveia.....	66
FIGURA 3.3	Germinação (%) em plântulas normais de grãos de aveia, cultivar Albasul, submetido a diferentes temperaturas de ar de secagem.....	70
FIGURA 3.4	Vigor (%) em plântulas normais de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetido a diferentes temperaturas de ar de secagem.....	70
FIGURA 3.5	Índice de acidez em grãos de aveia, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de secagem.....	74
FIGURA 3.6	Teor de beta-glicanas em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de ar de secagem.....	76
FIGURA 3.7	Capacidade de absorção de água (CAA) em beta-glicanas de aveia submetida a diferentes temperaturas de ar de secagem.....	77
FIGURA 3.8	Capacidade de retenção de água (CRA) em frações isoladas de beta-glicanas de aveia submetida a diferentes temperaturas de ar de secagem.....	78
FIGURA 3.9	Efeito da temperatura de secagem de grãos de aveia branca sobre a fluidez das frações isoladas de beta-glicanas.....	80
FIGURA 3.10-13	Fluidez de gomas de beta-glicanas de grãos de aveia submetidos a diferentes temperaturas de secagem.....	81

Lista de Tabelas

TABELA 1.1	Composição centesimal de cariopses de aveia, cultivar Albasul.....	33
TABELA 1.2	Composição de aminoácidos das proteínas de grãos de aveia, cultivar Albasul.....	36
TABELA 1.3	Composição em ácidos graxos do óleo de grãos de aveia, cultivar Albasul.....	37
TABELA 1.4	Escore químico e energia metabolizável de grãos de aveia, cultivar Albasul.....	38
TABELA 2.1	Rendimento do fracionamento de grãos de aveia em diferentes porções granulométricas através de peneiragem.....	49
TABELA 2.2	Rendimento de extração e teor de beta-glicanas nos concentrados obtidos por diferentes métodos de extração em 10 gramas de farelo de aveia.....	51
TABELA 3.1	Massa de 1000 grãos (g) e peso hectolitro (Kg.m^{-3}) em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos à secagem com diferentes temperaturas.....	68
TABELA 3.2	Cor (L, a, b) em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de ar de secagem.....	69
TABELA 3.3	Atividade residual das enzimas lípase e peroxidase em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos à secagem com diferentes temperaturas.....	72
TABELA 3.4	Índice de acidez de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de secagem e operação de desengorduramento.....	73
TABELA 3.5	Composição química centesimal de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos à secagem com diferentes temperaturas de secagem.....	75
TABELA 3.6	Distribuição dos componentes de carboidratos em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de secagem.....	75
TABELA 3.7	Efeito da temperatura de secagem de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, nas características de geleificação da fração isoladas de beta-glicana.....	79

Oliveira, Leandro da Conceição. **Caracterização química de aveia branca, cultivar Albasul, e efeitos da temperatura de secagem sobre a qualidade dos grãos e da beta-glicana.** 2007. 87f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

RESUMO

Objetivou-se, com o trabalho, caracterizar quimicamente a cultivar de aveia branca (*Avena sativa* L.) Albasul, comparar diferentes métodos de extração no rendimento e pureza de extratos de beta-glicanas, bem como avaliar efeitos da temperatura do ar de secagem na qualidade do grão e em propriedades tecnológicas das beta-glicanas extraídas. Os grãos foram secos, descascados e, após, analisados quanto à composição química, perfil de aminoácidos e de ácidos graxos, além de escore químico e energia metabolizável. Para comparar os diferentes métodos de extração de beta-glicanas, foram selecionados na literatura métodos que se diferenciam principalmente quanto ao meio de extração utilizado. Após a extração, os extratos foram avaliados quanto a rendimento, pureza e composição em monossacarídeos. Para a avaliação de efeitos da temperatura na secagem sobre parâmetros de qualidade física, química, biológica e tecnológica dos grãos de aveia, as amostras foram secadas até 13% de umidade pelo método estacionário adaptado, com temperaturas dos grãos de 25, 50, 75 e 100°C, com variação de $\pm 5^\circ\text{C}$, durante a operação. Os resultados indicam que: 1) a cultivar Albasul apresenta elevados teores de proteínas, fibra alimentar e de ácidos graxos insaturados, enquanto o teor de aminoácidos é compatível com os padrões da FAO; 2) o método que utiliza NaOH como meio de extração e o que utiliza água a 90°C foram os que possibilitaram maiores rendimentos de extração e maior pureza nos extratos; 3) aumentos da temperatura na secagem intensificam a redução da qualidade biológica, expressa através do poder germinativo e do vigor, além de provocar reduções no peso de 1000 grãos e no peso volumétrico, sem comprometer a coloração dos grãos; 4) as condições utilizadas de secagem não inativaram as enzimas lípase e peroxidase, embora tenham provocado reduções de suas atividades; 5) temperaturas na secagem a partir de 75°C provocaram reduções no teor de beta-glicanas, afetando a sua capacidade de absorção e de retenção de água, bem como de sua capacidade de escoamento.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. Beta-glicanas. Extração. Propriedades.

Oliveira, Leandro da Conceição. **Chemical characterization of white oat, cultivar Albasul, and effects of the drying temperature over the quality of the grains and beta-glucan.** 2007. 87p. Master of Science Dissertation – Grduater Program in Agroindustrial Science and Technology. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

ABSTRACT

The work aimed at chemically characterizing the white oat (*Avena sativa* L.), cultivar Albasul; comparing different extraction methods regarding yield and purity of beta-glucan extracts; as well as evaluating the effects of the drying air temperature in the quality of the oat grain and in technological properties of the extracted beta-glucans. The oat grains have been dried, peeled and, then, evaluated according to its chemical composition, profile of amino acids and fatty acids, besides its chemical score and metabolizable energy. In order to compare the different methods of beta-glucans extraction, it has been selected in the literature methods that differ especially in relation to the extraction means used. After the extraction, the extracts were evaluated regarding yield, purity and composition in monosaccharides. In order to evaluate the effects of the drying temperature over parameters of physical, chemical, biological and technological quality of the oat grains, the samples were dried up to 13% moisture through the adapted stationary method, with grain temperatures of 25, 50, 75 and 100°C, at a $\pm 5^\circ\text{C}$ range during the operation. Results indicate that: 1) the cultivar Albasul shows high protein, food fiber and unsaturated fatty acids rates, while the amino acids rate is compatible with the FAO standards; 2) the method which uses NaOH as extraction means and the one that uses water at 90°C made possible a better extraction yield and more purity in the extracts; 3) increases in the drying temperature intensify the reduction of the biological quality, expressed through germinative power and vigor, besides reducing the 1000-grain weigh and the volumetric weigh, without compromising the coloration of the grains; 4) the drying conditions used have not deactivated the lipase and peroxidase enzymes, though there has been shown a reduction of its activities; 5) drying temperatures of 75°C up have caused a reduction in the beta-glucans rate, affecting its water-absorbing and water-retaining ability, as well as its flow capacity.

Keywords: *Avena sativa* L. Beta-glucans. Extraction. Properties.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A aveia é um cereal de múltiplos propósitos e corresponde bem a todos os fins para os quais for empregada. O uso da aveia na alimentação humana ainda é restrito e ocorre basicamente, na forma de alimentos infantis e de produtos matinais, apesar deste cereal fornecer um aporte energético e nutricional perfeitamente equilibrado, ou seja, conter em sua composição química aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas e minerais indispensáveis ao organismo de crianças e humanos; das fibras alimentares serem de alta qualidade, principalmente as da fração solúvel, como as beta-glicanas, (Francisco, 2004).

No Brasil, o consumo humano de aveia está em torno de quarenta e cinco mil toneladas de grãos por ano, o que representa um baixo volume e isso se deve a um desconhecimento generalizado das potencialidades deste cereal. Segundo Gutkoski e Pedó (2000), os produtos de aveia existentes no mercado são limitados em número e desconhecidos quanto a forma de preparo pelos consumidores. Segundo os mesmos autores, a pesquisa em aveia é recente e se restringe basicamente, ao estudo das características agrônômicas da cultura. Os aspectos tecnológicos e de desenvolvimento de novos produtos de aveia somente agora começam a ser investigado pelas universidades e instituições de pesquisa.

O aumento do consumo humano de aveia deve ocorrer motivado pela inclusão de seus produtos derivados na merenda escolar, pois além de a escola oferecer um alimento de alta qualidade nutritiva para as crianças, contribui para a formação do hábito de consumo pela população (Silva et al., 1998).

Foi autorizado, pelo FDA (Food and Drug Administration – Agência do Departamento de saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos da América), a rotulagem de produtos à base de aveia com as seguintes informações: “Dietas ricas em aveia ou farelo de aveia e pobres em gorduras saturadas e colesterol podem reduzir o risco de doenças coronárias”. Isto foi baseado em muitos estudos clínicos sobre os efeitos da aveia na redução do colesterol no sangue e na conseqüente redução dos riscos de doenças coronárias (Paul e Geiger, 1999). Estes estudos comprovaram que esta propriedade é devida principalmente às beta-glicanas.

As beta-glicanas são polissacarídeos lineares, não ramificados, compostos por unidades de glicose (β -D-Glicopiranosil) unidas por ligações glicosídicas β -1,3 e β -1,4 (Sá et al., 2000). Essa estrutura impede que sejam degradadas pelas enzimas digestivas

conferindo assim, a esses componentes, propriedades de fibras alimentares. O teor de beta-glicanas na aveia é variável, depende do cultivar e é influenciado por fatores genéticos e ambientais. A aveia integral sem casca contém 3,41 a 4,82%; o farelo 5,81 a 8,89%; o farelo comercialmente disponível, 7 a 10% e a goma de aveia aproximadamente 78% de beta-glicanas (Wood, 1992).

O crescente interesse no uso de beta-glicanas em alimentos não está somente relacionado a suas propriedades de benefícios nutricionais, mas também a sua capacidade de otimização do processamento de alimentos (Brennan e Cleary, 2005), uma vez que essa fibra pode ser utilizada como ingrediente espessante e também como substituto de gordura para o desenvolvimento de produtos *diet & lights*.

Existe uma grande carência de pesquisas que investigue os efeitos de parâmetros de pós-colheita e processamento nas características físico-químicas e tecnológicas da aveia branca (*Avena sativa* L.) e de seus constituintes. Os cereais oferecem alternativas para a produção de alimentos funcionais; devendo assim, ser explorado as características dos seus constituintes e aplicabilidades destes na indústria.

Com a finalidade de ampliar os conhecimentos a cerca de constituição e processamento de grãos de aveia, desenvolveu-se o presente trabalho de pesquisa que objetiva:

1. caracterizar quimicamente uma nova cultivar de aveia, a Albasul, desenvolvida pela Universidade Federal de Pelotas e recomendada pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia;
2. realizar um comparativo entre métodos, já descritos na literatura, no rendimento de extração e na pureza dos extratos de beta-glicanas em grãos de aveia branca;
3. avaliar efeitos de diferentes temperaturas de ar de secagem na qualidade de grãos de aveia branca e de seus constituintes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E PROCESSAMENTO DE GRÃO DE AVEIA

Os propósitos do cultivo de aveia envolvem sua utilização como pastagens, forragens e na forma de grãos e derivados, sendo que do total da produção mundial 78 % são utilizados para a alimentação animal, 18 % para alimentação humana e os 4 % restantes para uso industrial, sementes e exportação. O consumo deste cereal limita-se muito à alimentação animal e a área plantada é insignificante se comparada ao potencial para cultivo. Isto está relacionado principalmente com a falta de conhecimento em relação aos seus benefícios nutricionais, além da escassez de produtos atrativos e variados utilizando como base a aveia (Francisco, 2004).

A produção de grãos de aveia aumentou no Brasil de 39 mil toneladas em 1976 para 378 mil toneladas em 2006, o que representa um crescimento de 969%, sendo que os estados do Rio Grande do Sul e Paraná são os maiores produtores, seguidos de Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e São Paulo. Este aumento na oferta interna de grãos de aveia eliminou a necessidade de importação do cereal, representando uma poupança de divisas ao país. Além do aumento da disponibilidade interna do cereal, também houve uma melhoria na qualidade industrial dos grãos produzidos em termos de aumento do peso do hectolitro, maior tamanho dos grãos e menor percentagem de casca (Federizzi, 2002).

O crescente aumento de novos produtos à base de aveia, cerca de 110 itens disponíveis no mercado brasileiro, é um fator motivador para o aumento do consumo humano de aveia no Brasil, fato gerado pelas importantes propriedades funcionais deste cereal e o apelo por uma dieta alimentar mais saudável. (Gutkoski e Pedó, 2000).

As cariopses dos grãos de aveia se desenvolvem dentro de coberturas florais que, na realidade, são folhas modificadas. Estas coberturas envolvem as cariopses tão firmemente que permanecem aderidas a elas após a colheita e se constituem na casca dos grãos de aveia. A proporção das estruturas do grão de aveia com casca e descascado é de 25% de casca, 9 e 12% de pericarpo, 63 e 84% de endosperma e de 2,8 e 3,7% de germe, respectivamente. O grão de aveia possui um comprimento de 6 a 13 mm, largura de 1 a 4,5 mm, peso médio de 32 mg e densidade de 520 a 756 Kg.m⁻³ (Shukla, 1975). Na Figura 1 está representada a estrutura de um grão de aveia.

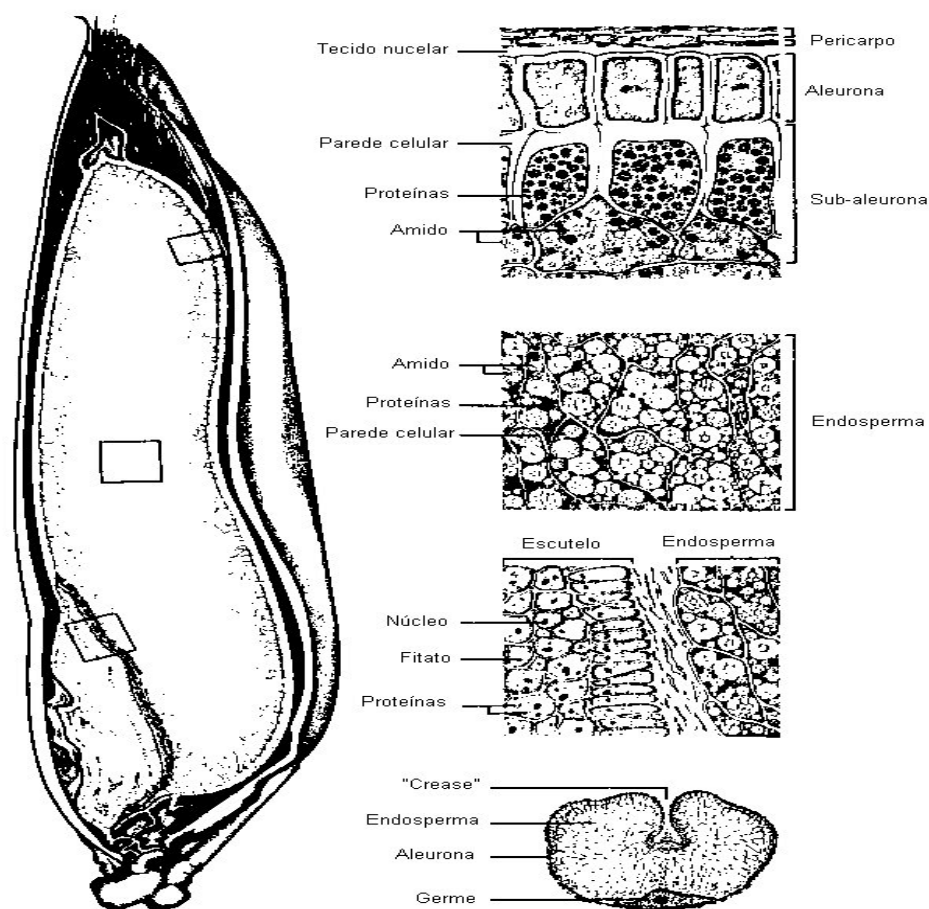


FIGURA 1.1. Principais características estruturais do grão de aveia.

Fonte: Gutkoski e Pedó (2000).

Devido à quantidade dos constituintes químicos presentes no grão, a aveia é um cereal de alto valor nutricional. Contêm elevado teor protéico total, variando de 12,4% a 24,5% no grão descascado e com o melhor perfil de aminoácidos, principalmente triptofano, lisina e metionina, os quais são escassos nos outros cereais. Sua qualidade protéica e o valor biológico são superiores aos demais cereais, o que a torna mais facilmente digerível (Francisco e Sá, 2001). É também característica do perfil de aminoácidos deste cereal uma alta proporção de ácido glutâmico, ácido aspártico, leucina e arginina. (Beber et al., 2002).

A aveia tem maior porcentagem de lipídios que a maioria dos cereais. Estes estão distribuídos por todo o grão (Fujita e Figueroa, 2003), e variam de 3,1% a 10,9%, havendo predominância de ácidos graxos insaturados. Entre estes, os ácidos graxos essenciais são nutricionalmente importantes, destacando-se o oléico, o linoléico e o linolênico. O alto teor de oléico e linolênico resultam numa relação favorável entre ácidos

graxos insaturados e saturados, ficando em torno de 3:1 (Gutkoski e Pedó, 2000), sendo que o recomendado é de 2:1. Além destes, os tocoferóis e tocotrianois, componentes da vitamina E, proporcionam atividades antioxidantes. (Francisco, 2004).

Entre os carboidratos, o amido é o constituinte em maior abundância na aveia, com teores médios entre 43,7 e 61,0% (Paton, 1987). Porém, se comparado a outros cereais como centeio, cevada e trigo, o teor de amido da aveia pode ser considerado baixo, devido à alta concentração de proteínas, lipídios e fibras (Gutkoski et al., 1997).

As fibras alimentares são constituídas pela soma de polissacarídeos e lignina de vegetais que não são digeridos pelas enzimas digestivas do homem (Peterson e Brinegar, 1991). As fibras podem ser classificadas quanto a sua solubilidade em água em fibras solúveis e fibras insolúveis. A fibra alimentar solúvel é composta por pectinas, beta-glicanas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses. Os componentes insolúveis são lignina, pectina insolúvel, celulose e hemicelulose (Walker, 1993).

O processamento do grão de aveia não implica necessariamente na redução de seus constituintes químicos, pois o germe e o farelo geralmente não são separados (Caldwell et al., 1991). Os produtos resultantes do processamento de aveia são os flocos inteiros, usados principalmente na produção de granola, cereais em barra e na panificação; flocos médios e flocos finos, usados na produção de mingaus e sopas; farelo, principal fonte de fibras e também utilizado para produção de mingaus, pães e biscoitos; farinha, usada em panificação e confeitaria (Gutkoski e Pédo, 2000).

A separação do farelo consiste basicamente da combinação cuidadosa de moagem, peneiragem e aspiração (Wood et al. 1989). A partir de análises de composição química é determinado o grau da concentração de farelo através de aumentos relativos das fibras alimentares e de beta-glicanas. Também ocorre o aumento do conteúdo de proteínas. O farelo de aveia tornou-se visado ultimamente em função de suas propriedades funcionais e por auxiliar na redução dos níveis de colesterol no sangue (Brennam e Cleary, 2005).

2.2 BETA-GLICANAS

Uma das frações de fibra alimentar solúvel presente na aveia e considerada de grande importância para a saúde humana é a beta-glicana, polímero encontrado em pequenas quantidades em diversos tecidos dos principais cereais e várias outras gramíneas. Essa fibra têm gerado interesse considerável, devido às respostas fisiológicas que produzem como fibra alimentar solúvel (Gutkoski, 1997). Elas estão localizadas nas

paredes celulares dos grãos, com maior concentração na sub-camada de aleurona, na camada de aleurona e no endosperma amiláceo adjacente ao embrião (Wood, 1993).

O seu teor na aveia é variável, depende do cultivar e é influenciado por fatores genéticos e ambientais. A aveia integral sem casca contém 3,4 a 4,8%; o farelo 5,8 a 8,8%; o farelo comercialmente disponível 7 a 10% e a goma de aveia aproximadamente 78% (Wood, 1992).

As beta-glicanas de aveia têm estrutura linear, não ramificada, composta por unidades de glicose (β -D-Glicopiranosil), unidas por ligações glicosídicas β -1,3 e β -1,4 (Figura 2). As ligações β -1,4 (aproximadamente 70%) ocorrem em grupos de 2 ou 3, enquanto as ligações β -1,3 (aproximadamente 28,3%) ocorrem isoladas (Wood et al., 1991). Na aveia, a fração presente na camada de aleurona tem menos unidades de (1,3) celotetraosil do que a presente no endosperma (Sá et al, 1998). Essa estrutura impede que sejam degradadas pelas enzimas digestivas, conferindo, assim, propriedades de fibras alimentares.

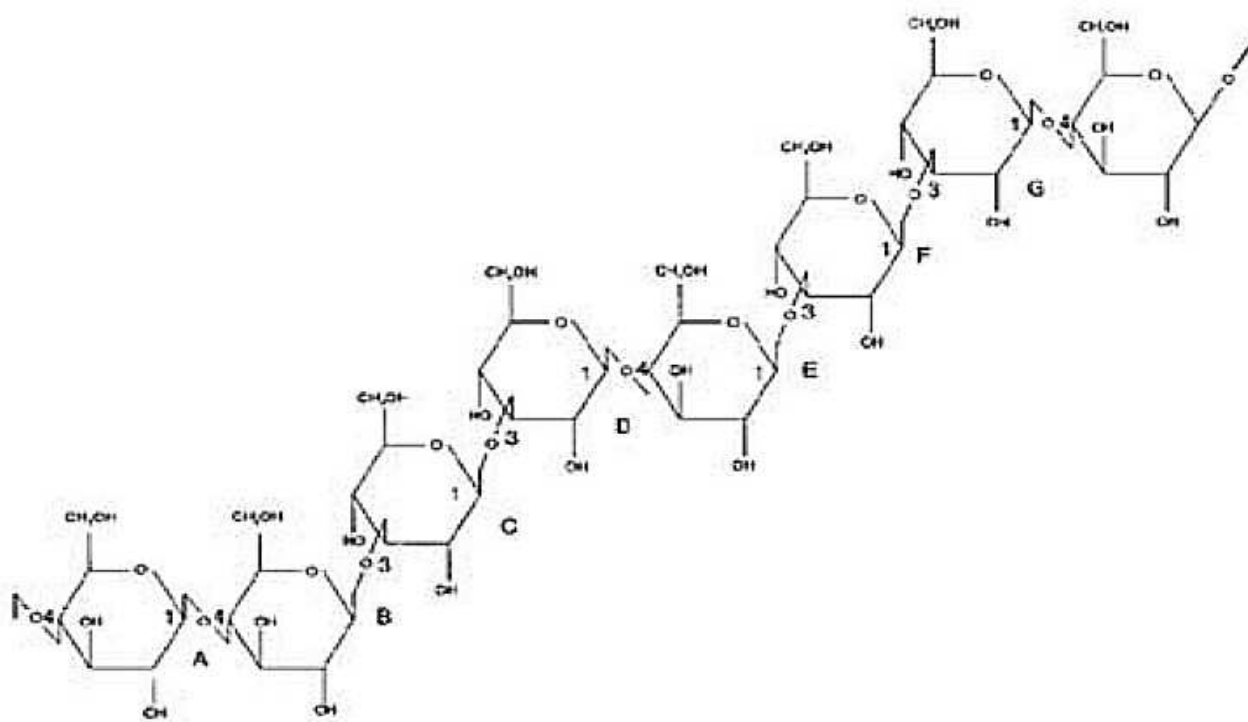


FIGURA 2.0 Representação estrutural da fibra beta-glicana

FONTE: Pitson et al. (1993).

Esta fibra é, em sua maioria, solúvel em água e em bases diluídas, com tendência a formar soluções viscosas e géis. A viscosidade é uma propriedade dos líquidos, portanto, a quantidade desse ingrediente em um sistema alimentícios é o que determina a viscosidade final do mesmo (Dongowski et al. 2005).

As beta-glicanas apresentam altas viscosidades em baixas concentrações, sendo extremamente pseudoplásticas em concentrações aquosas de 0,5% ou superiores e estáveis na presença de açúcares e sais. Com o aumento de temperatura, as suas soluções apresentam um decréscimo temporário na viscosidade, voltando a espessar com o resfriamento. Existem diferenças reológicas entre as beta-glicanas de diferentes frações de aveia. As que estão localizadas no farelo produzem soluções mais viscosas e estão associadas à maior concentração de proteínas e outros carboidratos do que as localizadas no endosperma (Wood et al., 1991).

As propriedades hipocolesterolêmicas da aveia são atribuídas principalmente a esse polissacarídeo. Produtos à base de farelo de aveia, ricos nessa fibra, têm ação hipocolesterolêmica potente, efetivamente diminuindo o colesterol sérico e alterando favoravelmente a razão de lipoproteínas HDL/LDL (lipoproteína de alta densidade/lipoproteína de baixa densidade) em indivíduos hipercolesterolêmicos. Acredita-se que a viscosidade é à base da capacidade do farelo de aveia de reduzir o colesterol sangüíneo (Wood et al., 1991).

O mecanismo de ação, ainda que não esteja totalmente elucidado, pode ser devido a um dos seguintes fatores ou a uma conjunção deles: alteração do metabolismo e secreção de ácidos biliares; modificação das concentrações de ácidos graxos de cadeia curta; diminuição da digestão de lipídios; mudanças nos níveis de hormônios pancreáticos e gastrointestinais (Wood et al., 1991). Além dos efeitos citados, o consumo de aveia diminui a absorção de glicose, o que é benéfico para diabéticos. A viscosidade desenvolvida é considerada o fator responsável por seu efeito favorável à glicose sangüínea, seja retardando a entrada do nutriente no intestino delgado, seja alterando a motilidade intestinal, com o aumento da espessura da camada de água, o que impede a difusão do nutriente (McDonald et al., 1992). Existem também evidências de que essas fibras solúveis agem como protetoras ao desenvolvimento de câncer de cólon. Através da sua fermentação até ácidos graxos de cadeia curta pela microflora, há uma diminuição do pH, o que inibe a conversão bacteriana dos ácidos biliares em compostos secundários com atividade carcinogênica (Francisco e Sá, 2001).

O crescente interesse no uso de beta-glicanas em alimentos não está somente relacionado a suas propriedades de benefícios nutricionais, mas também a sua capacidade de otimização do processamento de alimentos. Um bom exemplo disso é o seu uso na indústria láctea. Em pesquisa recente focalizou-se o uso de fibra dietética solúvel, no processamento de sorvetes com baixo teor de gordura e em iogurtes (Brennan e Cleary, 2005). A incorporação de beta-glicanas com outra fibra dietética solúvel, em produtos lácteos de baixo teor de gordura, pode fazer sua sensação na boca, moldabilidade e propriedades sensoriais parecer com os produtos contendo gordura. Similarmente, sua incorporação em coalho de queijo de baixa gordura tem efeitos benéficos em sua gelatinização e características reológicas. A sua adição ao leite modifica a formação do coalho, inclusive reduzindo o seu tempo de corte e aumentando seu rendimento (Tudorica et al., 2004). Esses efeitos parecem estar relacionados à capacidade de gelatinização das beta-glicanas e sua habilidade de formar uma matriz caseína-proteína-glicana altamente estruturada e elástica (Brennam e Cleary, 2005).

Poucas pesquisas reportam os efeitos do processamento de alimentos nas características reológicas e nutricionais desta fibra. O processamento pode afetar as propriedades moleculares (estrutura química e grau de polimerização) estruturais (interações moleculares) e funcionais (viscosidade, capacidade de ligar água e solubilidade) o que poderia afetar os benefícios sensoriais, fisiológicos e nutricionais das beta-glicanas. Alterações nas propriedades de beta-glicana podem surgir da danificação no corte devido ao processo mecânico (Wood et al., 1989; Wood, 1992), ou por tratamento de produtos alimentícios com altas temperaturas. Alterações estruturais desfavoráveis também podem ocorrer durante a purificação comercial, como despolimerização da estrutura linear (Wursch e Pi-Sunyer, 1997), resultando na diminuição do peso molecular e redução da viscosidade. Além disso, as condições suaves de extração (50-60°C) podem não inativar as beta-glicanas endógenas, o que pode levar ao aumento da despolimerização das beta-glicanas (Fastnaught, 2001; McCleary, 2001).

É necessário que se entenda e manipule o processo para assegurar que as possíveis alterações na estrutura dessa fibra não comprometam a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos a que foram adicionados (Brennan e Cleary, 2005).

A extração de beta-glicanas de grãos de cereais geralmente envolve três passos básicos, que são a inativação enzimática, a extração e a precipitação (Brennam e Cleary, 2005).

As beta-glicanases endógenas precisam ser inativadas por serem responsáveis pela degradação de beta-glicanas, o que leva a uma diminuição de peso molecular, e logo das propriedades funcionais do material extraído. A inativação é usualmente obtida pelo refluxo do grão em etanol aquoso ou tratando a farinha do grão com etanol aquoso em temperaturas acima de 60°C (Irakli et al. 2004).

A investigação de diferentes solventes orgânicos como precipitantes deste constituinte mostrou que a conformação estrutural, peso molecular, e, portanto solubilidade da fibra precipitada é afetada pelo solvente de extração (Beer et al., 1996; Morgam e Ofman, 1998).

Um dos fatores limitadores para a utilização industrial destas técnicas de extração pela indústria alimentícia é seu custo. Logo, preparados puros de beta-glicanas foram ignorados como potenciais ingredientes alimentícios funcionais, principalmente devido ao relativamente barato uso de frações de farinhas de cevada ou aveia. Isso significou que as reais características destes produtos em sistemas alimentícios são geralmente variáveis devido a flutuações na composição de proteína ou amido das frações de farinha. Viscosidade, efeitos estruturais e nutricionais em alimentos devem ser considerados em relação à natureza do extrato, ou a composição do material usado de farinha (Brennam e Cleary, 2005).

2.3 SECAGEM

Ineficiência ou ausência de secagem, juntamente com inadequado manejo de armazenamento, são os responsáveis pelas grandes perdas quantitativas e qualitativas que ocorrem com os grãos de cereais (Elias et al., 2006b).

A secagem é definida como o processo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem. A remoção da umidade deve ser feita a um nível tal, que o produto fique em equilíbrio com o ar do ambiente onde será armazenado, a fim de preservar a aparência e qualidade nutritiva ou a viabilidade como semente (Silva et al., 1995). Através da remoção de umidade pela secagem, natural ou artificial, torna-se possível à conservação de produtos agrícolas durante o armazenamento (Biagi et al., 2002), além disso, a diminuição do teor de água nos grãos possibilita a diminuição do crescimento microbiano e o retardamento de mudanças enzimáticas, aumentando assim, a sua vida útil (Jayas e Gosh, 2006).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000) a secagem dos grãos consiste de dois processos principais: o primeiro é a transferência de água da superfície da semente para

o ar, que ocorre quando a pressão parcial de vapor d'água é maior na superfície do grão do que no ar; o segundo é o movimento de água do interior para a superfície do grão. Os métodos de secagem podem ser divididos em dois grupos: secagem natural, que consiste na exposição das sementes ou grãos ao sol ou à sombra em ambiente atmosférico relativamente seco, podendo ser feita em terreiros, encerados ou tabuleiros; e secagem artificial, que é feita em secador, submetendo-se o produto à ação de um fluxo de ar aquecido ou não, promovendo a secagem num período relativamente curto, conforme as condições operacionais e atmosféricas (Elias, 2000).

Os métodos de secagem estão cada vez mais sendo estudados e cada um possui as suas peculiaridades, apresentando vantagens e desvantagens, cabendo aos produtores e/ou as indústrias adequá-los ao uso de acordo com as suas necessidades. Estudos mais aprofundados da secagem podem possibilitar diminuição nos custos da operação e melhoria da qualidade do produto final (Barbosa et al., 2005). A operação de secagem pode ser realizada com métodos naturais, que utilizam a energia solar e eólica, e métodos artificiais, que podem ser estacionário, contínuo, intermitente ou seca-aeração. Os métodos naturais de secagem são dependentes de condições climáticas favoráveis, sobre as quais não se pode ter controle; e por isso, são limitados e pouco utilizados (Elias, 2002).

A secagem artificial permite reduzir rapidamente o teor de umidade dos produtos recém-colhidos, evitar alterações metabólicas e minimizar a ação de fungos e insetos. Apesar do custo elevado à secagem artificial de grãos é amplamente adotada por razões de produtividade agrícola, ou de disponibilidade de mão-de-obra (Biagi et al., 2002). O método estacionário consiste na passagem forçada de ar, através de uma massa de grãos, a qual permanece parada no compartimento de secagem. Dentre os métodos artificiais, este é o único em que pode ser utilizado ar natural, sem aquecimento (Barbosa et al., 2001). Nos secadores intermitentes ocorre movimentação dos grãos e do ar de secagem, que mantém períodos de contato e de isolamento alternadamente. Esse equipamento é constituído de duas câmaras, uma de secagem, onde ocorrem as trocas de energia e de matéria durante o contato do ar, insuflado ou succionado, com os grãos, e outra de equalização, onde os grãos continuam sua movimentação, mas sem contato com o ar (Elias, 2002).

Em qualquer que seja o método de secagem, há de se ater ao fato de que os grãos são entidades biológicas sensíveis à ação do calor, que podem, causar danos relevantes às características dos mesmos. Considerando as deficiências comuns aos

sistemas de secagem e a, operação irracional desses, alguns atributos de qualidade dos grãos podem ser seriamente comprometidos (Kolling, 2006).

Barbosa et al (2006) trabalhando com grãos de arroz, afirmam que, a secagem favorece ao maior ou menor rendimento de engenho e, os danos mais freqüentemente observados, quando a secagem por ar aquecido não é convenientemente controlada são alterações de cor, formação de crosta periférica, perda de matéria seca, redução da integridade física dos grãos, diminuição da digestibilidade das proteínas, desestruturação do amido, suscetibilidade à incidência de defeitos e redução da conservabilidade, além do desperdício de tempo e de energia.

Segundo Jayas e Gosh (2006) a secagem com altas temperaturas pode comprometer a qualidade dos grãos. Grãos oleaginosos podem sofrer escurecimento do seu óleo, o que leva a aumento do custo da operação de refinamento; já grãos protéicos, como trigo, podem sofrer desnaturação, o que poderá ocasionar comprometimento da sua qualidade panificável.

Elias et al. (2006b) ao estudarem os efeitos da temperatura do ar de secagem estacionária na qualidade de grãos de milho, mostraram que a secagem realizada em condições brandas de temperatura (20°C), provoca menos danos imediatos e mais danos latentes aos grãos ao longo de seis meses de armazenamento, já o aumento da temperatura para 50°C ocasiona aumento da incidência de danos metabólicos e físicos. Em similar estudo, porém com grãos de arroz, Elias et al. (2006a) concluíram que a secagem com temperaturas de até 35°C resulta em menores danos a integridade física e conseqüentemente em maior rendimento de grãos inteiros, além disso os autores observaram que quanto maior a temperatura dos grãos na secagem, mais intensa é a incidência de defeitos durante o armazenamento.

Marini et al. (2005) ao estudar o efeito da secagem intermitente sobre a qualidade de grãos de aveia, mostrou que a secagem intermitente com ar até 85°C, seguido de um armazenamento convencional, é um método adequado de conservação para a aveia branca. Além disso, os autores concluíram que secagem intermitente, mesmo com temperaturas de ar de até 105°C, não é suficiente para promover inativação enzimática total em grãos de aveia. Já Simioni et al. (2004) ao avaliar o efeito da temperatura do ar de secagem sobre a fração lipídica da aveia durante o armazenamento, constatou que a degradação de lipídios e o aumento de acidez durante o armazenamento são maiores em grãos secos a 105°C do que em condições menos drásticas.

2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. Conservação de grãos. Campinas, Fundação Cargill, 236p. 1998.

BARBOSA, F.F.; FAGUNDES, C.A.A.; MARTINS, I.R.; ELIAS, M.C. GLP para o aquecimento do ar de secagem estacionária do arroz irrigado. IN: II Congresso Brasileiro do arroz irrigado, Porto Alegre, 2001, p.664-666.

BARBOSA, F. F.; ELIAS, M.C.; FAGUNDES, C.A.A.; PEREIRA, F.M.; RADÜNZ, L.L. Efeitos das secagens estacionária e intermitente e do tempo de armazenamento no desempenho industrial de grãos de arroz. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa-MG, v. 30, n. 1, p. 83-90, 2005.

BARBOSA, F.F.; MILMAN, M.J.; FAGUNDES, C.A.A.; MARTINS, I G ; SCHOWNKE, O.N.; CUNHA, A.C. da ; ELIAS, M.C. . Effect of stationary and intermittent drying on latent damages in rice grains stored. In: 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006, Campinas. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006. p. 1003-1011.

BEBER, R.C.; FRANCISCO, A.; ALVES, A.C.; SÁ, R.,M.; OGLIARI, P. Caracterização química de genótipos brasileiros de aveia (*Avena sativa* L.). Acta Científica Venezolana. v.53,n.3, Caracas, 2002.

BEER, M.U.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Extraction of oat gum from oat bran: effects of process on yield, molecular weight distribution, viscosity and (1→3) (1→4)- β-D-glucans content of gum. Cereal Chemistry. V.73. p.58-62. 1996.

BIAGI, J.D.; BERTOL, R.; CARNEIRO, M.C. Secagem de grãos para unidades centrais de armazenamento. IN: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL. V.M. (Org.). Armazenagem de Grãos. 1 ed. Campinas - SP: Instituto Bio Geneziz (IBG), 2002, v. 1, p. 289-308.

BRENNAM, 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. P. 1-13. 2005.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. New York,. 450p. 1992

CALDWELL, E.F.; DAHL, M.; FAST, R.B.; SEIBERT, S.E. Hot cereals. In:FAST, R.B.; CALDWELL, E.F. Breakfast cereals. St. Paul: AACC, p.243-272. 1991.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, tecnologia e Produção. 4ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

DONGOWSKI, G.; DRZIKOVA, B.; SENGE, B.; BLOCHWITZ, R.; GEBHARDT, E.; HABEL, A. Rheological behaviour of β -glucans preparations from oat products. Food Chemistry. V.93. p.279-291. 2005.

ELIAS, M.C.; HELBIG, E.; MENEGUETTI, V.L.; STORCK, C.R.; PINNO, M.; ROMBALDI, C.V. Effects of resting on drying and storage period on the metabolic effects and industrial performance of polished and parboiled rice. In: 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006, Campinas. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006a. p. 1026-1036.

ELIAS, M.C.; MARTINS, I.; AOSANI, EL.; PRESTES, D.N; DIAS, A.R.G.; SACCHET, F.S. Intermittency relation in drying and period of storage on industrial quality and the mycotoxins occurrence in corn grains (*Zea mays* L.) In: 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006, Campinas. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006b. p. 1003-1011.

ELIAS. M.C.; SCHIRMER, M.A.; MARINI, L.J. Propriedades e/ou características dos grãos e suas correlações com os processos conservativos e tecnológicos. In Secagem e armazenamento de grãos, em média e pequena escala. 3aed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, p.26-61. 2002

FASTNAUGHT, C. Barley Fibre. In: CHO, S.S.; DRECHER, M.L. Handbook of dietary fibre. Marcel Dekker, New York, p.519-542. 2001.

FEDERIZZI, L. C.; Progressos no melhoramento genético de aveia no Brasil. XXII REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA.. Palestras. Passo Fundo: Ediupf, 2002. p. 45 - 63.

FRANCISCO, A. Aveia como Alimento Funcional. XXIV Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. p. 62 a 72, Pelotas, RS. 2004.

FRANCISCO, A.; SÁ, R.M. Beta-glicanas: localizacao, propriedades e utilizacao. In: LAJOLO, F.M.; SAURA-CALIXTO, F.; WITTIG DE PENNA, E.; MENEZES, E. W. (Ed.). Fibra dietética en iberoamerica: tecnologia y salud. - projeto xi.6 cyted. São Paulo: Varela, 2001. p. 91-101.

FUJITA, A.; FIGUEROA, M.O.R. Composição centesimal e teor de β -glucanas em cereais e derivados. Ciência e tecnologia de Alimentos, v.23, n.2, 2003.

GUTKOSKI, L.C.; EL-DASH, A.A.; PEDÓ, I. Caracterização química e nutricional de frações de moagem de aveia. Arquivos de Biologia e Tecnologia, v.40, n.1, p.121-134, 1997.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. Aveia: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Varela, 2000. 192p.

IRAKLI, M.; BILIADERIS, C.G.; IZYDOREZYK, M.S.; PAPADOYANNIS, I.N. Isolation, structural features and rheological properties of water-extractable beta-glucans from different Greek barley cultivars. Journal of the Science of food and agriculture. V.84, p.1170-1178. 2004.

JAYAS, D.S.; GOSH, P.K. Preserving quality during grain drying and techniques for measuring grain quality. IN: 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, 2006, p.969-980.

MARINI, L.J.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C.; MEZZOMO, N. Efeito da secagem intermitente na estabilidade de grãos de aveia branca. Brazilian Journal of Food Technology, v.8, n.3, p. 260-267, 2005

McCLEARY, B.V. Methods in Enzimology. In.: Wood, W.A. Kellogg, S.T. (ed.). Academic Press, San Diego, CA, 1998. p.511-514.

MCDONALD, A.; SHINNICK, F.; INK, S. Review of the effects of oats on human health. In: Barr, A.R. (Ed.) The Changing Role of Oats in Human and Animal Nutrition. Proc. 4th Int. Oat Conference. Adelaide, Australia. v.1, p. 1-8, 1992.

MIRANDA, L.C.; SILVA, W.R.; CAVARIANI, C. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial de fluxo de ar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, n.11, p.2097-2108, 1999.

MORGAN, K.R.; OFMAN, D.J. Glucagel, a gelling β -glucan from barley. *Cereal Chemistry*. V.75, p.879-881. 1998.

PATON, D. Oat starch: Physical, chemical and structural properties. In: WEBSTER, F.H. *Oats chemistry and technology*. St. Paul: AACC. P.93-118. 1986.

PAUL, G.L.; INK, S.L.; GEIGER, C.J. The Quaker oats health claim: A case study. *Journal of nutraceuticals functional & medical foods*, v.1, n.4, p.5-32, 1999.

PETERSON, D.M.; BRINEGAR, C.A. Oat storage proteins. In: WEBSTER, Francis H. (ed.). *Oats: Chemistry and Technology*, St. Paul: American Association of Cereal Chemists, p. 153-156. 1991.

PITSON, S.M.; SEVIOUR, R.J.; MCDOUGALL, B.M. Noncellulolytic fungal β -glucanases: their physiology and regulation. *Enzyme and Microbial Technology*. v.15, p.178–192. 1993.

SÁ, R. M.; FRANCISCO, A.; SOARES, F. C. T. Concentração de β -glucanas nas diferentes etapas do processamento da aveia (*Avena sativa* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. V. 18, n. 4., p. 425 a 427, 1998.

SÁ, R.M.; FRANCISCO, A.; OGLIARI, P.J.; BERTOLDI, F.C. Variação no conteúdo de beta-glucanas em cultivares brasileiros de aveia. *Ciência e tecnologia de Alimentos*. v.20, n.1, p.99-102, 2000.

SHUKLA, T.P. Chemistry of oats: Critical reviews. *Food science and nutrition*, v.6, n.4, p.383-431, 1975.

SILVA, A.C.; BITTENCOURT, J.V.M.; MAFIOLETTI, R.; BONIN, J. Produtos derivados de aveia In: *Reunião da comissão Brasileira de Pesquisa em Aveia*. Londrina. Londrina:IAPAR. P.58-65. 1998.

SILVA, J.S.; AFONSO, A. D. L.; LACERDA FILHO, A. F. de. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. In: SILVA, J. de S. (ed). *Pré-processamento de Produtos Agrícolas*. 1ed. Juiz de Fora. p.395-462. 1995.

SIMIONI, D.; MARINI, L.J.; MEZZOMO, N.; ELIAS, M.C.; DIAS, A.R.G.; PRESTES, D.N. Efeito da temperatura do ar e relação de intermitência sobre a fração lipídica da aveia durante o armazenamento. In: XXIV Reunião da comissão brasileira de pesquisa de aveia, 2004, Pelotas - RS. Resultados experimentais da XXIV Reunião da comissão brasileira de pesquisa de aveia, 2004, p. 597-600.

TUDORICA, C.M.; JONES, E.; KURI, V.; BRENNAM, C.S. The effects of refined barley β -glucan on the physico-structural properties of low-fat dairy products: curd yield, microstructure, texture and rheology. *Journal of Science of Food and agriculture*. v.84, p.1159-1169, 2004.

WALKER, A.R.P. Does the dietary fiber hypothesis really "work"? *Cereal Foods World*, V.38, n.3, p.128-134, 1993.

WOOD, P.J. Aspects of the chemistry and nutritional effects of non-starch polysaccharides of cereal. In: *Developments in carbohydrates chemistry*, ALEXANDER, R.J., ZOBEL, H.F., St. Paul, MN: AACC.p.293-314.1992.

WOOD, P.J. Physicochemical characteristics and physiological properties of oat β -glucans. In: WOOD, P.J. *Oat bran*,:AOAC, St Paul, MN, 83-112, 1993.

WOOD, P. J.; WEISZ, J.; BLACKWELL, B. A. Molecular characterization of beta-D-glucans: structural analysis of oat beta-D-glucan and rapid structural evaluation of beta-D-glucans from different sources by high-performance liquid chromatography of oligosaccharides released by lichenase. *Cereal Chemistry*, V. 68, n. 1, p. 31 a 39, 1991.

WOOD, P.J.; WEISZ, J.; FEDEC, P.; BURROWS, V.D. Large scale preparation and properties of oat fractions enriched in (1/3) (1/4)- β -D-glucan. *Cereal Chemistry* 66, 97–103. 1989.

WURSCH, P.; PI-SUNYER, F.X. The role of viscous soluble fibre in the metabolic control of diabetes: A review with special emphasis on cereal rich in beta-glucan. *Diabetes care*. V.20. p.1774-1780. 1997.

3. EXPERIMENTOS

3.1 ESTUDO I

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE AVEIA BRANCA DA CULTIVAR ALBASUL

RESUMO

A aveia (*Avena sativa* L.) é um cereal de excelente valor nutricional. Destaca-se entre os outros cereais por seu teor e qualidade protéica, sua alta porcentagem de lipídios, distribuídos por todo o grão e pelo alto teor e funcionalidade da sua fração de fibras alimentares, especialmente as beta-glicanas. Objetivou-se com esse trabalho caracterizar quimicamente uma nova cultivar de aveia, a Albasul, recomendada pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Grãos de aveia branca, safra agrícola 2004/2005, foram secos, descascados e moídos em granulometria inferior a 0,5mm e analisados quanto à composição química centesimal, perfil de aminoácidos e de ácidos graxos, além de escore químico e energia metabolizável. A cultivar Albasul apresenta alta quantidade de proteínas (16,98%). Os conteúdos de fibras alimentares solúveis e insolúveis são respectivamente, 3,11 e 6,60%; sendo o teor de beta-glicanas encontrado de 4,43%. A cultivar apresenta alto teor de ácidos graxos insaturados (82,58%), sendo o ácido palmítico o maior representante com 15,53%. A composição em aminoácidos é semelhante ao padrão teórico da FAO, sendo a lisina o primeiro aminoácido limitante. O escore químico encontrado é de 75,51% e a energia metabolizável obtida 373,73 Kcal/100g. A cultivar de aveia branca Albasul mostra-se quimicamente similar às demais cultivares de aveia já caracterizadas.

3.1.1. INTRODUÇÃO

A composição química e estrutural do grão de aveia é única dentre todos os cereais (Peterson, 1992). Destaca-se pelos altos teores de proteínas, com perfil de aminoácidos equilibrado e pela alta digestibilidade. Seus lipídios possuem capacidade antioxidante e quantidades consideráveis de ácido linolênico. Sua fibra alimentar é caracterizada principalmente pelo teor de fibras solúveis, que tem efeito na redução dos níveis de colesterol sérico (Anderson et al., 1991; McDonald et al., 1992). Estas características tornam a aveia altamente recomendável para o consumo humano.

Os lipídios presentes na aveia ocorrem em grandes quantidades (entre 5,0 e 9,0% do peso total do grão), e são maiores do que em outras espécies de grãos de cereais, como 2,1 a 3,8% no trigo, 1,8 a 2,5% no arroz, 3,9 a 5,8% no milho, 3,3 a 4,6% cevada e 2,0 a 3,5% no centeio (Fujita e Figueroa, 2003). Este constituinte do grão caracteriza a fração mais suscetível à deterioração durante o armazenamento, devido à redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais (Elias, 2002).

A aveia é um dos cereais com maior teor protéico total (Pedó, 2000), variando de 12,4 % a 24,5 % no grão descascado e com o melhor perfil de aminoácidos, principalmente triptofano, lisina e metionina, os quais são escassos nos outros cereais. Sua qualidade protéica e o valor biológico são superiores aos demais cereais, o que a torna mais facilmente digerível (Costa, 2002). Os cereais comumente consumidos têm concentração protéica que variam de 6 % a 18 %. Em pesquisa sobre o teor protéico de 70 cultivares de aveia, foi encontrada uma variação entre 11,4 e 17,2%. Por outro lado, não foram observadas alterações significativas no balanço de aminoácidos com o aumento do teor de proteínas. Assim, a aveia pode ser cultivada sob condições que maximizam o teor protéico sem que ocorram perdas na qualidade nutricional (Gutkoski, 2000).

Segundo Simioni (2005), o amido é o carboidrato em maior abundância na aveia, com teores médios de 43,7 a 61,0%. Weber et al. (2002) encontraram 50,7% de amido em cariopses de aveia do cultivar UPF 18. Porém, se comparada a outros cereais como centeio, cevada e trigo, a concentração de amido em aveia pode ser considerada baixa, devido aos altos teores de proteínas, lipídios e fibras.

O aspecto nutricional mais importante encontrado na aveia para o consumo humano é o alto teor de fibras alimentares (Wood, 1993, Picolli, 2005), que contribuem

não somente para o melhoramento das funções gastrointestinais como para a redução dos níveis de colesterol no sangue. Os teores de fibras alimentares solúveis encontrados no farelo de aveia estão entre 9 e 11% (Brennan e Cleary, 2005), podendo alcançar valores de até 13,8% em cultivares do Sul do Brasil (Gutkoski e Trombetta, 1999). Dentre estas fibras estão as beta-glicanas, polissacarídeos não amiláceos encontrados nas paredes celulares dos grãos (Wei Li et al., 2005). Segundo Sá et al. (2000), as beta-glicanas, moléculas lineares compostas de ligações glicosídicas β -1,3 e β -1,4, são componentes das fibras solúveis presentes em grande quantidade na aveia. A cariopse de aveia contém entre 3,9 e 6,8% de beta-glicanas e o farelo entre 5,8 e 8,8% (Fujita e Figueroa, 2003).

A composição química da aveia é pouco estudada e pouco conhecida no Brasil. No entanto, esse estudo é fundamental para a recomendação deste cereal em dietas balanceadas (Beber et al., 2002). É indispensável à caracterização química dos cultivares de aveia lançados no mercado para identificar, além do potencial tecnológico de cada um deles, aspectos nutricionais, bem como os relacionados a sua conservabilidade e a sua funcionalidade.

Objetivou-se neste estudo, caracterizar quimicamente grãos da cultivar Albasul de aveia branca, indicada para o cultivo pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia a partir da safra agrícola de 2003.

3.1.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.2.1 Material

Foram utilizados grãos de aveia branca (*Avena sativa* L), cultivar Albasul, desenvolvida e selecionada pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel) a partir das linhagens UFRGS 14 e UFRGS 881920. As principais características do cultivar são ciclo precoce, planta de estatura intermediária, grão de cor claro e hábito de crescimento ereto (Lorencetti et al., 2004).

As operações de pós-colheita e análises foram realizadas, respectivamente, no laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (DCTA-FAEM-UFPel) e no

Laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação da Universidade de Passo Fundo (Cepa/UPF).

3.1.2.2 Métodos

A aveia, oriunda do campo experimental da Palma na UFPeI, localizado no município do Capão do Leão, RS, foi submetida as operações de pré-limpeza, secagem e armazenamento. A colheita foi realizada com automotriz quando a umidade dos grãos estava próxima a 25% e a secagem realizada em um protótipo de secador estacionário, até os grãos atingirem umidade de 13%.

Os grãos de aveia, livres de impurezas e grãos chochos, foram acondicionados em vidros e armazenados em ambiente com temperatura de 17°C. Para a realização das análises as amostras de aveia, já secas, foram descascadas (descascador Imack) e após, moídas em moinho Perten em granulometria inferior a 0,50 mm.

3.1.2.2.1 Composição química centesimal

Os teores de proteína bruta, lipídios, minerais, carboidratos, fibra alimentar total, fibra insolúvel e fibra solúvel foram determinados por espectrofotometria do infravermelho proximal (NIRS), no aparelho Perstorp Analytical NIRSystems modelo 5000 através do programa New Infracsoft International Software.

As curvas de determinação de proteínas, lipídios, fibra alimentar e beta-glicanas foram construídas no laboratório de Análise Físico-Químicas do Cepa/UPF, utilizando os métodos n° 991.20 (AOAC, 2000), n° 920.39 (AOAC, 20 00), n° 993.19 (AOAC, 2000), método número 995.16 (AOAC, 1997), respectivamente. Os teores de carboidratos foram calculados por diferença e os minerais foram determinados pela técnica convencional, ou seja, o valor encontrado correspondente ao resíduo obtido por incineração em temperatura de 600°C, com destruição da matéria orgânica; baseado no método n° 945.39B (AOAC, 2000). A umidade foi determinada pelo método da estufa a 105±3°C, com circulação natural de ar, por 24 horas, de acordo com a metodologia oficial de análise de sementes preconizada pelo Ministério da Agricultura (Brasil, 1992). As análises foram realizadas em duplicata e os resultados expressos em porcentagem.

3.1.2.2.2 Composição em aminoácidos

A composição quantitativa em aminoácidos da aveia foi determinada pelo método de Spackmann (1958) por hidrólise com HCl 6N a 110 °C durante 22 horas. O triptofano foi determinado no hidrolisado alcalino com LiOH 4N, segundo método proposto por Lucas e Sotelo (1980). As análises foram realizadas em duplicata e os resultados foram expressos em g aa 16 g N⁻¹.

3.1.2.2.3 Composição em ácidos graxos

A extração do óleo da farinha de aveia foi realizada pelo método 30.20 da AACC (1995) em aparelho Soxhlet. A transformação em ésteres metílicos foi de acordo com Maia e Rodriguez-Amaya (1993), adaptado de Hartman e Lago (1973). As amostras foram saponificadas e os ácidos graxos metilados com o reagente esterificante constituído por cloreto de amônio-ácido sulfúrico e metanol. A composição em ácidos graxos foi determinada em cromatógrafo Varian Star 3400 CX, com integração automática operando nas seguintes condições: coluna DB-Wax 30m x 25mm x 0,25 µm, temperatura inicial da coluna 130 °C (0 minutos), rampa de aquecimento 2 °C/min, temperatura final 210 °C (10 minutos). O gás de arraste utilizado foi H ultrapuro, temperatura do injetor de 220 °C e do detector 230 °C, injetor tipo splitless e injetada alíquota de 1µL. A identificação dos ácidos graxos foi feita com padrão Supelco FAME Mix C8-C24, nº 18918.

3.1.2.2.4 Escore químico

O escore químico (EQ) foi estabelecido pela relação de cada um dos aminoácidos essenciais da proteína em estudo com o aminoácido correspondente do padrão de referência da FAO (1985), para crianças de 2 a 5 anos. Os quocientes indicam a ordem dos aminoácidos limitantes e o valor encontrado para o aminoácido mais limitante é considerado uma estimativa do valor biológico da proteína em estudo, ou seja:

$$EQ = \frac{\text{mg de a.a. / g de N da proteína teste}}{\text{mg de a.a. / g de N do padrão de referência}} \times 100$$

3.1.2.2.5 Energia metabolizável

A energia metabolizável foi calculada a partir dos dados de composição centesimal aproximada, de acordo com a RDC nº 360 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2003). No cálculo foram usados os fatores de conversão de 4 kcal 100 g⁻¹ para

carboidratos e proteínas e de 9 kcal 100 g⁻¹ para lipídios e os valores expressos em kcal 100 g⁻¹. A energia metabolizável dos carboidratos foi obtida pela diferença entre 100 e a soma dos teores de proteína bruta, lipídios, fibra alimentar, umidade e cinzas.

3.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química da cariopse de aveia, cultivar Albasul, em termos de proteínas, lipídios, umidade, cinzas, fibras alimentares total, solúvel e insolúvel, beta-glicanas e carboidratos está apresentada na Tabela 1.1.

TABELA 1.1 Composição centesimal de cariopses de aveia, cultivar Albasul.

Componente	(%)*
Proteína bruta (N x 6,25)	16,98 \pm 0,25
Lipídios totais	7,57 \pm 0,21
Cinzas	2,02 \pm 0,01
Umidade	13,00 \pm 0,03
Fibra alimentar total	9,44 \pm 0,13
Fibra alimentar insolúvel	6,60 \pm 0,14
Fibra alimentar solúvel	3,11 \pm 0,02
Beta-glicanas	4,43 \pm 0,09
Carboidratos	59,99 \pm 0,18

*Resultados representam a média de duas repetições \pm desvio padrão

A concentração média de proteínas nos grãos de aveia, cultivar Albasul, foi de 16,98%, valor próximo à média de 16,80% encontrado por Beber (2002) ao caracterizar 5 cultivares de aveia, durante 2 anos em 3 locais de cultivo. O teor de proteína bruta do grão de aveia varia consideravelmente entre cultivares, bem como no mesmo cultivar quando exposto a diferentes locais de cultivo (Pedó, 2000). Trabalhos realizados no Brasil apresentaram resultados similares com valores que variaram de 14,41% (Simioni, 2005) a 17,71% (Francisco, 1996). As concentrações protéicas relatadas na literatura, para cultivares estrangeiros, variam de 8,9% (Flim e Foot, 1992), 16,8% (Lapveteläinen e Aro, 1994) a 19,4% (Krishnan et al., 1994).

O teor de lipídios encontrado na cultivar analisado foi 7,57%. Esse resultado está de acordo com Pedó e Sgarbieri (1997) que encontraram 6,33% para o cultivar UFRGS 14, 7,18% para UPF 16, 7,50% para UPF 15 e 7,45% para o cultivar CTC 03. Weber et al. (2002) e Marini et al. (2005) estudando o cultivar UPF 18, encontraram, respectivamente, 7,0% e 6,9% de lipídios. Embora importante nutricionalmente, os lipídios aliados às enzimas hidrolíticas são apontados como os responsáveis pela instabilidade ao armazenamento de grãos e produtos de aveia (Elias, 2002).

O teor de cinzas encontrado na cultivar em estudo foi de 2,02%. Este resultado vem ao encontro dos teores obtidos por Weber et al. (2002) e Simioni (2005) que encontraram, respectivamente, 1,95% (cultivar IAC 7) e 1,97% (cultivar UPF 20).

A cultivar Albasul apresentou 9,44% de fibra alimentar total, sendo 3,11% solúvel e 6,60% insolúvel. O conteúdo de fibra alimentar no grão de aveia com casca é maior do que no grão descascado. A casca do grão (25 – 30%) é eliminada no processamento, com isto, ocorre diminuição do teor de fibra alimentar (Gutkoski, 2000). O teor de fibra alimentar no grão de aveia descascado varia entre 7,1 e 12,1%, já no farelo varia entre 15 e 19%. Deste total, 34 a 48% são fibras solúveis e o restante insolúvel (Gutkoski e Trombetta, 1999; Pedó, 2000).

O teor de beta-glicanas encontrado no cultivar de aveia Albassul foi 4,43%, sendo similar ao encontrado em diversos trabalhos descritos na literatura. Francisco (1996) em estudos com 12 cultivares brasileiras de aveia encontrou uma média de 4,7% de beta-glicanas, já Sá (2000) ao caracterizar a cultivar IAC 7, encontrou teor de 6,50%, e mostrou que o ano de cultivo proporcionou uma variação considerável dentro da mesma cultivar. Após análise de 13 cultivares de aveia por três anos consecutivos, pesquisadores observaram que os teores de beta-glicanas são afetados de forma mais acentuada por fatores genéticos do que pelas variações no ambiente de cultivo (Miller et al., 1993; Beber et al., 2002). Gutkoski e Trombetta (1999), avaliando os teores de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total e de beta-glicanas de cultivares de aveia recomendadas pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia verificaram que as cultivares UPF 17, UPF 13 e UPF 14 apresentaram os maiores teores de fibra alimentar insolúvel. Os maiores teores de fibra alimentar solúvel foram verificados nas cultivares UFRGS 7 (7,25%), CTC 13 (7,14%), UPF 16 (6,84%) e CTC 2 (6,02%). Os maiores teores de beta-glicanas foram verificados nas cultivares UFRGS 7 (4,13%), UPF 14 (4,03%) e UFRGS 18 (3,37%).

Em relação à quantificação de beta-glicanas, o principal problema da maioria dos métodos é a contaminação com amido. Os métodos enzimáticos dependem da

hidrólise dos polissacarídeos e distinção da origem da glicose (amido ou beta-glicanas). Nos Estados Unidos, o método oficial adotado pela American Association of Cereal Chemists (AACC) para determinação de (1,3) (1,4)- β -glicanas é o enzimático proposto por McCleary e Glennie-Holmes (Francisco e Sá, 2001).

A aveia apresenta uma composição em aminoácidos superior em qualidade e quantidade quando comparada aos demais cereais. A composição em aminoácidos da matéria-prima estudada e o padrão da FAO/WHO/UM (1985) encontram-se na Tabela 1.2.

O teor de aminoácido lisina ficou abaixo do recomendado pela FAO/WHO/UNU (1985); a concentração dos demais aminoácidos estudados superou o recomendado. Como nos demais cereais, a cultivar teve como primeiro aminoácido limitante à lisina. A concentração de lisina foi de 4,38 g 16 g N⁻¹, ficando acima da média de 3,38 g 16 g N⁻¹ encontrada por Beber et al. (2002). Comparativamente ao perfil de aminoácidos apresentados por Peterson e Brinegar (1991) e Lapveteläinen e Aro (1994) de cultivares americanas, os valores de cisteína, fenilalanina e metionina, da cultivar Albasul foi superior. O ácido glutâmico (20,28 g 16 g N⁻¹), que é característico na composição da aveia, foi encontrado em altas concentrações. Em relativamente altas concentrações também se encontraram os aminoácidos leucina (8,21 g 16 g N⁻¹), fenilalanina (5,67 g 16 g N⁻¹), arginina (7,45 g 16 g N⁻¹), ácido aspártico (10,35 g 16 g N⁻¹), prolina (5,52 g 16 g N⁻¹) e serina (5,66 g 16 g N⁻¹).

TABELA 1.2 Composição de aminoácidos das proteínas de grãos de aveia, cultivar Albasul.

Aminoácidos	(g 16 g N ⁻¹)*	Padrão teórico ¹
Triptofano	1,70 ± 0,03	1,1
Lisina	4,38 ± 0,007	5,8
Histidina	2,64 ± 0,03	1,9
Arginina	7,45 ± 0,03	
Ac. Aspártico	10,35 ± 0,007	
Treonina	4,09 ± 0,02	3,4
Serina	5,66 ± 0,01	
Ac. Glutâmico	20,28 ± 0,01	
Prolina	5,52 ± 0,03	
Glicina	5,63 ± 0,007	
Alanina	5,25 ± 0,02	
1/2 Cistina	2,29 ± 0,007	
Valina	5,55 ± 0,03	3,5
Metionina	1,73 ± 0,02	
Isoleucina	4,19 ± 0,007	2,8
Leucina	8,21 ± 0,04	6,6
Tirosina	3,95 ± 0,02	
Fenilalanina	5,67 ± 0,01	

¹ Padrão teórico da FAO/WHO/UNU, 1985; para crianças de dois a cinco anos. Hidrólise com LiOH para o Triptofano por 24h à 110°C ± 1°C e com HCL 6N para os demais aminoácidos realizados à mesma temperatura por 22h.

* Resultados representam a média de duas repetições ± desvio padrão

A composição em ácidos graxos obtida para o óleo de aveia da cultivar estudada encontra-se na Tabela 1.3. A composição em ácidos graxos dos lipídios de aveia foi determinada por diversos trabalhos descritos na literatura. Em todos esses estudos, palmítico, oléico e linoléico são os principais ácidos graxos, representando cerca de 95 % do total.

TABELA 1.3 Composição em ácidos graxos do óleo de grãos de aveia, cultivar Albasul

Ácidos Graxos (%)	Albasul
<i>Total saturados</i>	17,42
Mirístico - C14:0	0,20
Palmítico - C16:0	15,53
Esteárico - C18:0	1,69
<i>Total insaturados</i>	82,58
Oléico - C18:1	40,72
Linoléico - C18:2	39,16
Linolênico - C18:3	2,51
Palmitoleico – C16:1	0,19

O total de ácidos graxos insaturados encontrados foi de 82,58%, sendo atribuídos 40,72% ao oléico, 39,16% ao linoléico e 2,51% ao linolênico. Os ácidos graxos saturados representam os 17,42% restantes, sendo o ácido palmítico o maior representante com 15,53% do total, seguido do ácido esteárico (1,69%) e do ácido mirístico (0,20). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Weber (2002) e Simioni (2005).

Zhou et al. (1998), estudando o efeito do ambiente sobre a composição dos ácidos graxos, avaliaram oito cultivares de aveia provenientes do norte, centro e sul da Austrália. Foram quantificados 13 ácidos graxos, com os ácidos palmítico, oléico e linoléico compreendendo 95% do total de ácidos graxos em todas as cultivares, parecendo em menor proporção os ácidos mirísticos, esteárico e linolênico.

Conforme apresentado na Tabela 1.4, o cultivar estudado apresentou 373,73 kcal.100g⁻¹ de energia metabolizável. Este resultado está de acordo com Gutkoski et al. (1997) que ao caracterizar frações de moagem de aveia, reportaram valores de 362,23 kcal.100g⁻¹ na fração de granulometria superior a 532 µm, 371,03 kcal 100g⁻¹ em cariopses inteiras e 385,46 kcal 100 g⁻¹ na fração de granulometria inferior a 532 µm. O escore químico obtido foi de 75,51%, sendo superior ao resultado de 52,20% encontrado por Weber et al. (2002) ao caracterizar o cultivar UPF 18.

TABELA 1.4 Escore químico e energia metabolizável de grãos de aveia, cultivar Albasul

Escore químico (%) ¹	75,51
Energia metabolizável Kcal/100 g ¹	373,73

¹ Resultados representam a média de duas determinações

3.1.4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que a cultivar de aveia Albasul possui alto conteúdo de proteína bruta e de lipídios. Os conteúdos de fibras alimentares solúveis e insolúveis são respectivamente, 3,11 e 6,60%; sendo o teor de beta-glicanas encontrado de 4,43%. A cultivar apresenta alto teor de ácidos graxos insaturados (82,58%), sendo que oléico, linoléico e palmítico somam 94,64% do total. A composição em aminoácidos é semelhante ao padrão teórico da FAO, sendo a lisina o primeiro aminoácido limitante. O escore químico encontrado é de 75,51% e a energia metabolizável obtida, 373,73 Kcal/100g.

3.1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC- American Association of Cereal Chemists. Approved methods. 9 ed. Saint Paul, 1995. Paginação irregular.

ANDERSON, J.W.; HAMILTON, C.C.; HORN, J.L.; SPENCER, D.B.; DILLON, D.W.; ZEIGLER, J.A. Metabolic effects of insoluble oat fiber on lean men with type II diabetes. Cereal Chemistry. 68:291-294, 1991.

AOAC- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 17 ed. In: HORWITZ, W. (ed). Arlington: Washington, 2000. 2 v. Paginação irregular.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre o regulamento técnico de rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 17 dez. 2003.

BEBER, R.C.; FRANCISCO, A.; ALVES, A.C.; SÁ, R.,M.; OGLIARI, P. Caracterização química de genótipos brasileiros de aveia (*Avena sativa* L.). Acta Científica Venezolana. v.53,n.3, Caracas, 2002.

BRENNAN, C.S.; CLEARY, L.J. The potential use of cereal β -glucans as functional food ingredients. Journal of Cereal Science. p. 1-13, 2005.

ELIAS. M.C Secagem e armazenamento de grãos, em média e pequena escala. 3aed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2002.

FAO/WHO/UNU expert consultation. Energy and protein requirements; FAO/WHO nutrition meetings. Geneva: Food and Agriculture Organization/World Health Organization, 1985. Report series 724.

FLINN, P.C.; FOOT, J.Z. Variation in the nutritive value of oat grain for ruminantes, and its measurement by near infrared spectroscopy. In: BARR, A.R. (Ed.) The changing role of oats in human and animal nutrition. Adelaide: Proc. 4th Int. Oat Conference. Adelaide, Australia, v.1, p. 69-76. 1992.

FRANCISCO, A. Estudo comparativo de Cultivares de Aveia do Sul do Brasil. Relatório do Projeto Funpesquisa, n.224. Universidade Federal de Santa Catarina. 1996.

FRANSCISCO, A.; SÁ, R.M. Beta-glucanas: localização, propriedades e utilização. In: LAJOLO, F.M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E.; MENEZES, E.W. (coordenadores). Fibra dietética em Iberoamérica: tecnologia Y salud. Varela: São Paulo, 2001.

FUJITA, A.; FIGUEROA, M.O.R. Composição centesimal e teor de β -glucanas em cereais e derivados. Ciência e tecnologia de Alimentos, v.23, n.2, 2003.

GUTKOSKI, L.C. Origem, distribuição e formas de utilização In: GUTKOSKI, L.C.; PEDÓ, I. Aveia: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Varela, 2000.

GUTKOSKI, L.C.; EL-DASH, A.A. Efeito do cozimento por extrusão na estabilidade oxidativa de produtos de moagem de aveia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.1, p.119-127, 1999.

GUTKOSKI, L.C.; EL-DASH, A.A.; PEDÓ, I. Caracterização química e nutricional de frações de moagem de aveia. Arquivos de Biologia e Tecnologia, v.40, n.1, p.121-134, 1997.

GUTKOSKI, L.C.; TROMBETTA, C. Avaliação dos teores de fibra alimentar e de beta-glicanas em cultivares de aveia (*Avena sativa* L), Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.19, n.3, p.387-390, 1999.

HARTMANN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. Laboratory Practice, v.22, p.475-476, 1973.

KRISHNAN, P.G.; PARK, W.J.; KEPHART, K.D.; REEVES, D.L.; YARROW, G.L. Measurement of protein and oil content of oat cultivars using near-infrared reflectance spectroscopy. Cereal Foods World, v.39, p.105-108, 1994.

LAPVETELÄINEN, A.; ARO, T. Protein composition and functionality of high-protein oat flour derived from integrated starch-ethanol process. Cereal Chemistry, v. 71, p.133-139, 1994.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MARCHIORO, V. S; BENIN, G.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D.; VALÉRIO, I. Cultivar Release – ALBASUL white oat. Crop Breeding and Applied Biotechnology. V.4, p.123-124, 2004.

LUCAS, B.; SOTELLO, A. Effect of different alkalies, temperature and hidrolisis times on tryptophan determination of pure protein and of foods. Analytical Biochemistry, Washington, v.32, n.1, p.144-149, 1984.

MAIA, E.L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v.53, n.1/2, p. 23-35, 1993.

MARINI, L.J; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C.; MEZZOMO, N. Efeito da secagem intermitente na estabilidade de grãos de aveia. Brazilian Journal of Food Technology, v.8, n.3, p.260-267, 2005.

MCDONALD, A.; SHINNICK, F.; INK, S. Review of the effects of oats on human health. In: BARR, A.R. (Ed.) The changing role of oats in human and animal nutrition. Proc. 4th Int. Oat Conference. Adelaide, Australia. v.1, p. 1-8, 1992.

MILLER, S.S.; WOOD, P.J.; PIETRZAK, N.L.; FULCHER, R.G. Mixed linkage β -glucan, protein content, and kernel weight in *Avena* species. Cereal Chemistry, v.70, p.231-233, 1993.

PEDÓ, I. Composição Química. In: GUTKOSKI, L.C.; PEDÓ, I. Aveia: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Varela, 2000.

PEDÓ, I.; SGARBIERI, V.C. Caracterização química de cultivares de aveia (*Avena sativa* L), Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.17, n.2, p. 78-83, 1997.

PETERSON, D.M.; BRINEGAR, C.A. Oat storage proteins. In: WEBSTER, F.H. (ed.). Oats: chemistry and technology, St. Paul: American Association of Cereal Chemists, p. 153-156. 1991.

PETERSON, M.P. Composition and nutritional characteristics oat grain and product. In: MARSHALL, H.G.; SOLLELLS, M.S. Oat science and technology. Madison: American Society of Agronomy, Inc., 1992. p. 266-287.

PICOLLI, L.; SILVA, L. P.; SILVA, L.P.; CIOCCA, M. L. S. . Total and insoluble dietary fiber values measured by enzymatic-gravimetric method in cereal grains. Journal of Food Composition and Analysis, v. 18, n. 1, p. 113-120, 2005.

SÁ, R.M.; FRANCISCO, A.; SOARES, F.C.T. Composição química do cultivar de aveia (*Avena sativa* L) IAC 7 e influência do processamento térmico sobre suas características. Brazilian Journal Food Technology, v.1, n.1, p.53-58, 1998.

SÁ, R.M.; FRANCISCO, A.; OGLIARI, P.J.; BERTOLDI, F.C. Variação no conteúdo de beta-glucanas em cultivares brasileiros de aveia. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.20, n.1, p.99-102, 2000.

SIMIONI, D.. Condições de secagem e de armazenamento na manutenção da qualidade industrial de grãos de aveia. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 71p, 2005. (Dissertação de Mestrado).

SPACKMANN, D.H.; SETEIN, W.H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Analytical Chemistry*, Washington, v.30, n.1, p.1190-1958.

WEBER, F.H.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Caracterização química de cariopses de aveia (*Avena sativa* L.) da cultivar UPF 18. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.22, n.1, p.39-44, 2002.

WEI LI, S.W.; KAKUDA, Y. Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β -glucans. *Carbohydrates polymers*. V.63. p.408-416. 2006.

WOOD, P.J. Physicochemical characteristics and physiological properties of oat β -glucans. In: WOOD, P.J. *Oat bran*,:AOAC, St Paul, MN, 83-112, 1993.

ZHOU, M.X.; HOMES, G.M.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S. Fatty acid composition of lipids of Australian oats. *Journal of Cereal Science*, New York, v. 28, n. 980212, p.311-319, 1998.

3.2 ESTUDO II

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE B-GLICANAS EM GRÃOS DE AVEIA BRANCA

RESUMO

Vários pesquisadores investigaram diferentes solventes para extração e precipitação de beta-glicanas, e mostraram que a concentração, pureza, conformação estrutural, peso molecular e a solubilidade da fibra precipitada podem ser, em determinadas condições, afetadas pelo solvente. Objetivou-se, no trabalho, avaliar comparativamente três métodos no rendimento de extração de β -glicanas. Foram utilizados grãos de aveia branca (*Avena sativa* L), cultivar Albasul, desenvolvido pela UFPEL, produzidos no Centro Agropecuário da Palma, da UFPEL, em Capão do Leão, RS. As amostras foram secas, descascadas e moídas (partículas $\geq 0,5\text{mm}$) no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos do DCTA-FAEM-UFPEL. Foram testados 3 métodos de extração: (1) Método de Dogowski, (2005) baseado no uso de etanol como meio de extração; (2) Método de Bhatti (1995) com uso do NaOH como meio e (3) Método de Knuckles (1997) baseado na extração com água a 90°C . Os resultados indicam que os métodos 2 e 3, desenvolvidos respectivamente por Bhatti (1995) e Knuckles et al. (1997), apresentam os melhores rendimento na extração de beta-glicanas em farelo de aveia, 12,88 e 12,75%, respectivamente; proporcionando extratos com pureza considerável, 83,58 e 83,42%, respectivamente. Os extratos obtidos com os 3 métodos não diferiram na composição de monossacarídeos, sendo a glicose o composto predominante. Comparativamente, os métodos 2 e 3 não apresentaram diferenças significativas quanto ao rendimento e pureza dos extratos obtidos.

3.2.1 INTRODUÇÃO

A separação de frações de fibra de cereais ou subprodutos de cereais pode ser alcançada por processos tecnológicos como moagem, peneiragem, descasque, polimento a seco ou através da moagem úmida (Charalampopoulos et al., 2002).

Knuckles et al. (1992) produziram frações enriquecidas de beta-glicanas a partir de moagem seca e peneiragem de aveia. Materiais grossos retidos em uma tela de peneiragem de 325 mesh foram retriturados e peneirados e tiveram uma fração resultante, com rendimento de peso de 18% a 30%, contendo 16% a 27% dessa fibra. As técnicas de moagem seca e peneiragem podem ser usadas para preparar frações de beta-glicanas partindo do grão inteiro. Segundo os mesmos autores, os simples processos de secagem e de moagem produzem frações ricas, cerca de 28%, com rendimento por volta de 30% do peso inicial, considerando que as frações de aveia são melhores separadas somente a partir do processo de desengorduramento.

Sá et al. (1998) desengorduraram amostras de aveia moída com n-hexano. A farinha passou por peneiramento múltiplo em misturador rotatório utilizando peneiras de 80 mesh, 100 mesh e 150 mesh, obtendo-se cinco frações. A fração 1, com partículas maiores de 180 μm , apresentou concentração de fibras maior que o inicial, e diferente estatisticamente das demais frações com 13,4% de beta-glicanas em peso seco. O aumento máximo no teor desse componente foi de 139,7%; 2,39 vezes em relação ao teor inicial.

A extração de beta-glicanas de grãos de cereais geralmente envolve três passos básicos, que são a inativação enzimática, a extração e a precipitação (Brennan e Cleary, 2005).

A inativação é usualmente obtida pelo refluxo dos grãos em etanol aquoso ou tratando a farinha do grão com etanol aquoso em temperaturas acima de 60°C (Wang et al., 2003). As beta-glicanases endógenas precisam ser inativadas por serem responsáveis pela degradação das beta-glicanas, o que leva a uma diminuição de peso molecular, com prejuízo das propriedades funcionais do material extraído (Irakli et al. 2004).

Muitas pesquisas têm focalizado os efeitos das técnicas de extração e purificação, na estrutura e nas propriedades físico-químicas e fisiológicas das beta-glicanas. Wood et al. (1989) avaliaram os efeitos do tamanho da partícula, da temperatura, do pH e da força iônica no rendimento de extração na escala de laboratório, e prepararam uma fração de goma de aveia (do farelo de aveia) numa escala planta-piloto

extraíndo a quente 75% do grão de aveia com etanol, para dar um preparado contendo 78% de beta-glicana. McCleary (1998) mostrou que extrações seqüenciais de água a 40, 65 e 95°C aumentaram a taxa de extração em cevada para 90%, logo permitindo um acréscimo no rendimento total.

A investigação de diferentes solventes orgânicos como precipitantes de beta-glicanas mostrou que a conformação estrutural, peso molecular, e, portanto solubilidade e viscosidade da fibra precipitada são afetados pelo solvente de extração (Beer et al., 1996). A temperatura e pH do processo de extração também afetam a recuperação das beta-glicanas. Symons e Brennan (2004) demonstraram que o rendimento de extração aumentou com a temperatura.

Como mencionado, a natureza do procedimento de extração pode ter um efeito profundo no peso molecular, o que afeta seu comportamento funcional. Carr et al. (1990) observaram que o uso de NaOH para extração completa, resultou em despolimerização parcial da beta-glicana. Knuckles et al. (1997) demonstraram que extrações seqüenciais resultaram em um decréscimo no peso molecular dessa fibra no extrato. Portanto, deve-se tomar cuidado ao otimizar o rendimento e evitar despolimerização durante a extração desse componentes.

Um dos fatores limitadores para a utilização industrial destas técnicas de extração pela indústria alimentícia é seu custo. Logo, preparados puros de beta-glicanas foram freqüentemente ignorados como potenciais ingredientes alimentícios funcionais, principalmente devido ao relativamente barato uso de frações de farelo de cevada ou aveia. Isso significou que as reais características destes produtos em sistemas alimentícios são geralmente variáveis devido a flutuações na composição de proteína ou amido das frações de farelo. Logo viscosidade, efeitos estruturais e nutricionais em alimentos devem ser considerados em relação à natureza do extrato de beta-glicana, ou a composição do material utilizado (Brennan e Cleary, 2005).

Nesta parte do trabalho o objetivo foi realizar um estudo comparativo de métodos, já descritos na literatura, quanto ao rendimento de extração e à pureza dos extratos de beta-glicanas obtidos de grãos de aveia branca.

3.2.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.2.1 Material

Para a realização do trabalho foram utilizados grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.), oriundos do campo experimental da Palma na Universidade Federal de Pelotas (UFPEl), localizado no município do Capão do Leão – RS.

As extrações e análises de beta-glicanas foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (DCTA-FAEM-UFPEl) e no Laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação da Universidade de Passo Fundo (UPF).

3.2.2.2 Métodos

3.2.2.2.1 Preparo das amostras

Os grãos de aveia foram classificados em peneiras de 2 mm, descascado (descascador Imack) e moídos Perter em granulometria inferior a 0,50mm.

As amostras foram desengorduradas a frio com solvente hexano (proporção de 1:4/sólido:solvente), após o material foi seco em estufa com circulação de ar, regulada na temperatura de 80°C por 30 minutos.

Para o fracionamento da amostra de aveia moída desengordurada foi utilizado jogo de peneiras com agitação manual, com aberturas de 0,50mm e 0,25mm.

3.2.2.2.2 Concentração e extração de beta-glicanas

Após o fracionamento das amostras, determinou-se o rendimento em cada uma das peneiras e posteriormente o teor de beta-glicanas das frações retidas. A fração, então, com maior teor foi submetida às posteriores análises de extração.

Para o estudo comparativo de métodos de extração de beta-glicanas, foram selecionados 3 técnicas descritas na literatura, que diferem, principalmente, pelo meio de extração utilizado. Os métodos selecionados foram os seguintes:

MÉTODO 01 –

Método desenvolvido e descrito por Dongowski et al. (2004).

A fração de aveia foi submetida a refluxo em etanol 96% por 5 minutos e após centrifugada a 4°C em 3800 g por 20 minutos. O resíduo foi, então, suspenso em água e tratado com a enzima α -amilase na presença de CaCl_2 (cloreto de cálcio). Após centrifugação foi adicionada ao sobrenadante a enzima pancreatina, permanecendo por 3 horas a 40°C. A essa solução foi adicionado etanol 96% até atingir-se concentração de 50%, e assim deixado em repouso por 16 horas a 4°C. Realizou-se nova centrifugação, onde foi descartado o sobrenadante e separada a goma de beta-glicana precipitada. Esta foi seca em estufa com circulação de ar a 60 °C por 2 horas.

MÉTODO 02 –

Método descrito e desenvolvido por Batty (1995).

A fração de aveia foi submetida a refluxo com NaOH (hidróxido de sódio) durante 1 hora em temperatura ambiente (próxima a 20°C) e após centrifugada por 15 minutos a 6000 g. Foi descartado o resíduo e o sobrenadante teve o pH ajustado para 6,5 com HCl (ácido clorídrico) e adicionados CaCl_2 e enzima α -amilase. A solução foi resfriada até temperatura ambiente e novamente ajustado o pH até 4,5 com HCl. Centrifugou-se a 6000 g durante 15 minutos. Ao sobrenadante foi adicionada solução de etanol 96% até atingir-se concentração de 50%, e assim, deixado em repouso durante toda a noite a 4°C. Foi feita uma nova centrifugação e o resíduo resuspenso em água com posterior lavagem com etanol até atingir concentração de 50%. A amostra foi centrifugada e a goma de beta-glicana precipitada foi separada e seca em estufa com circulação de ar durante 2 horas, a 50-60°C.

MÉTODO 03 –

Método desenvolvido e descrito por Knuckles et al. (1997) com modificações.

A fração de aveia foi submetida a refluxo com água a 90°C durante 1 hora e após centrifugada a 6000 g durante 15 minutos. Descartou-se o resíduo e ao sobrenadante foi adicionado etanol 96% até atingir-se concentração de 50%. A solução foi deixada em repouso durante 24 horas a 4°C e após centrifugada para separação da goma de beta-glicana precipitada, a qual foi seca em estufa com circulação de ar, durante 2 horas, a 50-60°C.

3.2.2.2.3 Teor de beta-glicanas

A determinação de beta-glicanas foi realizada conforme metodologia proposta pela AOAC (1997), método nº 995.16. Este método é um procedimento rápido e direto para determinação de β (1 \rightarrow 3) e (1 \rightarrow 4) glicanas em amostras gelatinizadas de farinhas usando enzimas altamente purificadas de lichenase e beta-glicosidase. As beta-glicanas foram hidrolisadas pela lichenase obtendo-se oligossacarídeos e quantitativamente clivadas a glicose pela beta-glicosidase. A glicose é medida usando glicose oxidase-peroxidase e os resultados expressos em percentagem de beta-glicanas.

3.2.2.2.4 Determinação de monossacarídeos nos extratos

As frações de beta-glicanas foram hidrolisadas, em tubo selado, com HCl 2N [3:100 (m/v)] a 80°C por 16 horas, para identificação dos açúcares e derivados, que foi realizada através de cromatografia em camada delgada comparativa (CCDC), feita em sílica gel 60 F254 (Merck), onde o eluente empregado foi: clorofórmio: metanol: ácido acético: água, nas proporções volumétricas de 40:40:10:10. Para revelação foi utilizado o reagente anilzaldeído sulfúrico e aquecimento com pistola até 200°C, seguindo-se de visualização sob luz ultravioleta a 366nm. A identificação dos constituintes foi feita comparando-os com os padrões de análise arabinose, fucose, galactose, glicose, raminose e xilose, conforme método descrito por MOREIRA et al. (1998).

3.2.2.2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram avaliados pela análise de variância, sendo os resultados que apresentaram diferenças estatísticas complementados pela comparação de médias através do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, no programa ANOVA do software Statistica versão 5.0[®].

3.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2.1 apresenta os resultados de fracionamento das amostras de aveia através de peneiragem após moagem laboratorial.

TABELA 2.1 Rendimento do fracionamento de grãos de aveia em diferentes porções granulométricas através de peneiragem*

Tamanho de abertura da peneira	Massa de amostra retida (g)	% de amostra retida
≥ 0,50 mm	32,5473b	29,58b
< 0,50 mm	77,469a	70,41a

* Médias aritméticas simples de três repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Através dos dados da Tabela 01 é possível se observar que 70,41% da amostra inicial ficaram retidas na peneira com abertura menor do que 0,5mm (farelo) e 29,58% na peneira com abertura maior do que 0,5mm (farinha). Os resultados estão de acordo com os obtidos por Bhatti (1995) que ao fracionar amostra de aveia, para posterior extração de beta-glicanas, encontrou para as mesmas aberturas de peneiras, 72 e 28%.

Gutkoski et al. (1997) verificaram que a fração de aveia de granulometria superior a 0,5 mm apresenta maior concentração dos constituintes químicos quando comparada a de granulometria inferior a 0,5 mm, exceto amido, que é significativamente inferior. Este fato é perfeitamente explicável, pois na fração de granulometria superior a 0,5 mm ocorre concentração das porções externas da cariopse, mais rica em proteínas, lipídios, fibra alimentar e minerais. Esses resultados estão de acordo com este estudo ao avaliar os teores de beta-glicana encontrados nas diferentes porções granulométricas, conforme mostrado na Figura 2.1.

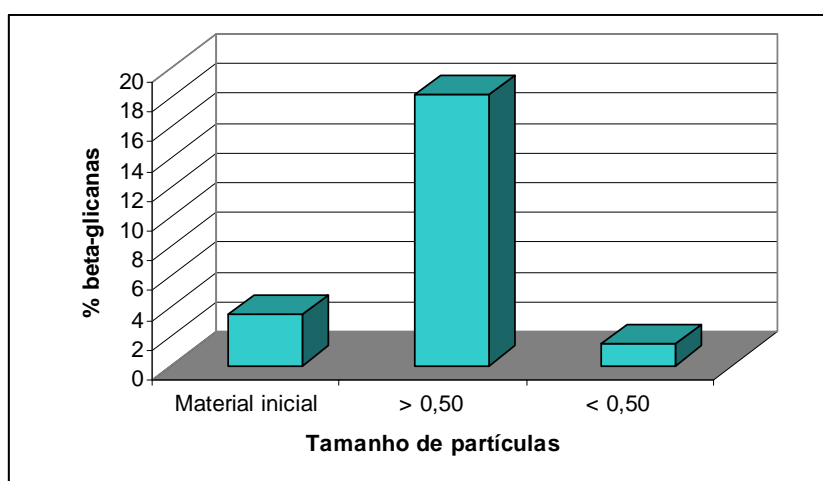


FIGURA 2.1 Concentração de beta-glicanas em diferentes frações granulométricas de aveia.

Os teores de beta-glicanas encontrados na matéria-prima inicial foram de 4,43%, nas frações granulométricas maiores que 0,50 mm foi 18,24% e nas frações menores que 0,5 mm. o teor encontrado foi de 1,46%. Os simples processos de moagem e peneiragem aumentaram a concentração de beta-glicanas em 412% com relação à matéria-prima inicial. Esse resultado supera o encontrado por Sá et al. (1998) que em semelhante estudo, com o cultivar IAC 7, obteve uma fração com 139,7% a mais de beta-glicanas em relação ao material inicial. Esses mesmos autores em estudo sobre concentração de beta-glicanas em produtos processados de aveia, verificaram que o farelo apresenta os maiores teores (9,51%), enquanto na farinha o valor encontrado foi de 3,74%, o que era esperado, pois essa fração é produzida a partir de flocos, após a retirada do farelo. Já Wood et al. (1991), estudando as frações grossas e finas de 11 cultivares de aveia separadas por procedimento simples de moagem, encontraram diferenças significativas em beta-glicanas, tanto na cariopse (3,91 – 6,82%) quanto no farelo (5,81 – 8,89%). O rendimento de extração de farelo foi de 53% com concentração de beta-glicanas 1,5 vez superior a matéria-prima inicial. Knuckles et al. (1992) produziram frações enriquecidas de beta-glicanas a partir da moagem seca e peneiragem de aveia. Materiais grossos retidos em uma tela de peneiragem de 325 mesh eram retriturados e peneirados, resultando numa fração com rendimento de peso de 18 a 30 %, contendo 16 a 27 % de beta-glicanas.

Com os resultados aqui obtidos, fica claro que as técnicas de moagem seca e peneiragem podem ser usadas para preparar frações ricas de beta-glicanas partindo do grão inteiro.

A extração de beta-glicanas de cereais com reagentes e condições suaves não é completa. Não foi encontrada ainda uma explicação plenamente satisfatória das causas em nível molecular ou de microestrutura que justifiquem esta resistência à extração e também à solubilização (Wood, 1993, Brennam e Cleary, 2005). Através da Tabela 2.2 estão apresentados os resultados das frações concentradas de beta-glicanas obtidas a partir da fração retida de farelo de aveia com alto teor de beta-glicanas.

TABELA 2.2 Rendimento de extração e concentração de beta-glicanas nos extratos obtidos por diferentes métodos de extração em farelo de aveia.

Método de extração**	Rendimento de extração de goma (%)	Teor de beta-glicanas na goma extraída (%)
Método 1	9,84b	29,73b
Método 2	12,88a	83,58a
Método 3	12,75a	83,42a

* Médias aritméticas simples de três repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

** Método 1: método descrito por Dogowski, (2005) baseado no uso de etanol como solvente; Método 2: método descrito por Bhatti (1995) com uso do NaOH como solvente; Método 3: método descrito por Knuckles (1997) baseado na extração com água a 90°C.

Observando-se os dados da Tabela 2.2, é possível se verificar que os três métodos testados resultaram em diferenças significativas de rendimento de extração das gomas de beta-glicana, A fração de goma obtida com o método 3 teve rendimento de extração de 12,75% com teor de beta-glicanas de 83,42%; esse teor de fibra é comparável ao do método 2, 83,58%, o qual teve rendimento de extração de goma de 12,88%. O método 1 apresentou o menor rendimento de extração, 9,84% e menor pureza do extrato, com apenas 29,73% de beta-glicanas. Sendo assim, os métodos 2 e 3 apresentaram extratos de beta-glicanas com maiores purezas, 83,58 e 83,42%, não ocorrendo diferenças significativas entre eles.

Dongowski et al. (2005) ao usarem etanol como reagente na extração, que corresponde ao método 1 (Tab. 2.2), extraiu aproximadamente 50% de beta-glicanas, tendo esse extrato pureza de 53%. Esses resultados são consideravelmente maiores do que os obtidos no presente trabalho e isso se deve provavelmente à dificuldade de aplicação da enzima α -amilase, uma vez que essa, ao ter sua atividade comprometida, não atuará sobre o amido e, assim, não evitará a contaminação do extrato de beta-glicanas com outros carboidratos.

Bhatti (1995) ao descrever o método de extração, o qual utilizou hidróxido de sódio (NaOH) como reagente, que corresponde ao método 2 (Tab. 2.2), extraiu aproximadamente 95% de beta-glicanas, com 80% de pureza do extrato. Os resultados obtidos na reprodução deste método são menores quanto ao rendimento de extração, porém consideravelmente maiores na pureza do extrato. Fatores relacionados ao manejo operacional podem justificar os menores rendimentos de extração obtidos.

Ao descrever o método 3 (Tab. 2.2), baseado no uso de água a 90°C para extração de beta-glicanas, Knuckles et al. (1997) obtiveram um concentrado de 83,06% de

beta-glicanas. Neste estudo obteve-se concentrado de 83,42% de beta-glicanas a partir da extração de 59,09% desta fibra da matéria-prima inicial. McCleary (1998) mostrou que extrações seqüenciais com água a 40°C, 65°C e 95°C aumentaram a taxa de extração das beta-glicanas da cevada para 90%, logo permitindo um acréscimo no rendimento total.

Segundo Wood (1992) é difícil realizar uma comparação de todos os dados de literatura relativos à extração de beta-glicanas de aveia devido ao grande número de variáveis implicadas. Além do mais, a maior espessura das paredes celulares, como a do endosperma sub-aleurônico de muitos cultivares, exerce uma maior resistência à extração. Portanto, as diferenças dos resultados obtidos neste estudo, com relação aos resultados obtidos pelos autores citados, pode ser justificável, entre outras causas, pelo cultivar do grão empregado, especificidade de reagentes e equipamentos, além de desvios operacionais.

A investigação de diferentes solventes orgânicos como precipitantes de beta-glicanas mostrou que a conformação estrutural, o peso molecular, e, portanto solubilidade da beta-glicana precipitada são afetados pelo solvente de extração (Beer et al., 1996; Morguem e Ofman, 1998), além de ser um dos principais responsáveis pelas variações de constituição dos extratos obtidos.

Através da Figura 2.2 é possível verificar a proporção de componentes contaminantes nos extratos de beta-glicanas obtidos a partir de diferentes métodos de extração.

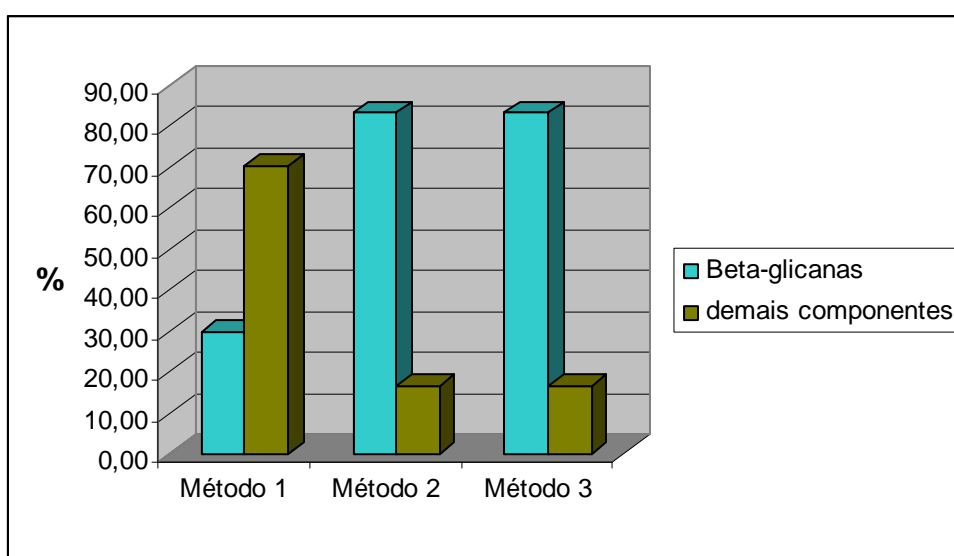


FIGURA 2.2 Comparação de beta-glicanas e demais componentes em extratos de diferentes métodos de extração.

Os métodos 2 e 3 foram os que apresentaram menores taxas de componentes contaminantes nos extratos de beta-glicanas, apenas 16,42% e 16,58%, respectivamente. Wei Li et al. (2006) em estudo de extração, fracionamento e caracterização de beta-glicanas em grãos de trigo, obtiveram extrato contendo 57,13% de beta-glicana, 6,84% de amido, 11,66% de minerais e apenas traços de proteínas. Resultado semelhante encontrou Zhang et al. (1998), que ao avaliarem propriedades reológicas de beta-glicanas em aveia, cultivar Marion, encontraram no extrato obtido, concentração de 83,3% de beta-glicanas, 0,55% de amido e 9,30% de proteínas.

Segundo Batty (1995), não está inteiramente claro o efeito dos componentes “não beta-glicana”, ou demais componentes, além das beta-glicanas do extrato, na qualidade tecnológica desta fibra, porém sabe-se que a variação no conteúdo de monossacarídeos destes extratos pode ter como consequência variação no comportamento reológico deste material.

A Figura 2.3 mostra qualitativamente, através de cromatografia em camada delgada comparativa (CCDC), a constituição em monossacarídeos dos extratos obtidos com os diferentes métodos de extração. Segundo Moreira et al. (1998), a semelhança estrutural existente entre os monossacarídeos dificulta a sua separação nos métodos cromatográficos clássicos, como a cromatografia em camada delgada comparativa. No entanto, estes métodos são os mais simples e econômicos, indicados quando o volume e frequência de análises não justificam o emprego de métodos instrumentais complexos, como a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

No cromatograma aparecem o farelo original de aveia, utilizado para extração, as gomas obtidas com os três métodos empregados e os monossacarídios padrões.

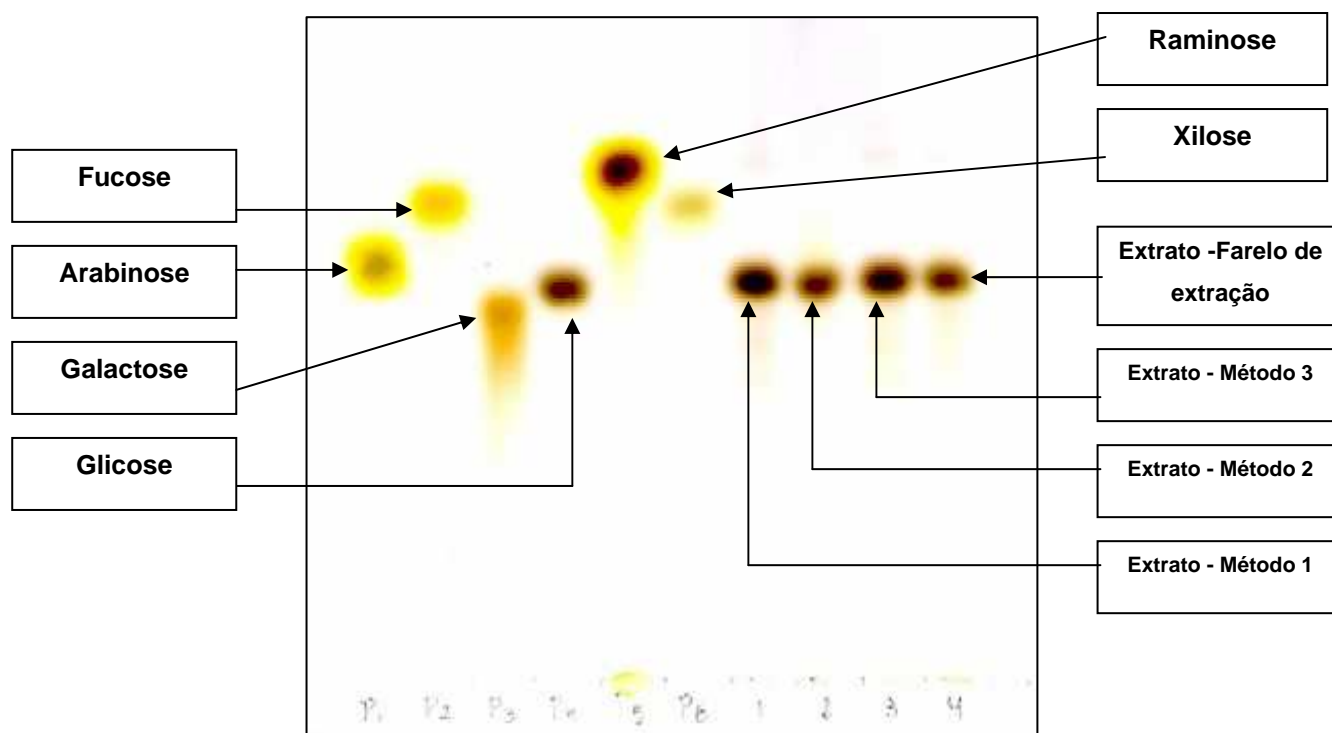


FIGURA 2.3 Análise cromatográfica (CCDC) de extratos de beta-glicanas obtidos por diferentes métodos de extração.

Observa-se na Figura 2.3 que todos os extratos apresentaram constituição semelhante em monossacarídeos com predominância de glicose, não ocorrendo assim, diferenças qualitativas nos extratos obtidos. Esse resultado está de acordo com Johansson et al. (2004) que ao caracterizarem estruturalmente a fração solúvel de beta-glicanas concluiu através de análise de monossacarídeos que o extrato continha somente glicose. Já Wei Li et al. (2006) em estudo de caracterização de beta-glicanas de trigo, concluíram que os monossacarídeos predominantes são glicose, xilose e arabinose.

3.2.4 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos é possível concluir que os métodos 2 e 3, desenvolvidos respectivamente por Batty (1995) e Knuckles et al. (1997), apresentam bom rendimento na extração de beta-glicanas em farelo de aveia, 12,88 e 12,75%, respectivamente; proporcionando extratos com pureza considerável, 83,58 e 83,42%, respectivamente, superando, assim, significativamente os resultados obtidos com o método 1, desenvolvido por Dongowski (2004). Os extratos obtidos com os 3 métodos não diferem significativamente na composição de monossacarídeos, sendo a glicose o composto predominante.

3.2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 16 ed. Washington: AOAC, V. 1 e 2, 1997.

BEER, M.U. ARRIGONI, E., AMADO, R. Extraction of oat gum from oat bran: effects of process on yield, molecular weight distribution, viscosity and (1→3) (1→4)- β -D-glucans content of gum. *Cereal Chemistry*, v.73, p.58-62, 1996.

BHATTY, R.S. Laboratory and pilot plant extraction and purification of β -glucans from Hull-less barley and oat brans. *Journal of Cereal Science*, v.22, p.163-170, 1995.

BRENNAM, 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*, p. 1-13. 2005.

CARR, J.M., GLATTER, J.L., JERACI, J.L., LEWIS, B.A. Enzymic determination of β -glucan in cereal-based food products. *Cereal Chemistry*, v.67, p.226-229, 1990.

CHARLALAMPOPOULOS D.; WANG, R.; PANDIELLA, S.S.; WEBB, C. Application of cereals and cereal components in functional food: a review. *International Journal of Food Microbiology*, v. 79, p.131-141, 2002.

DONGOWSKI, G., DRZIKOVA, B., SENGE, B., BLOCHWITZ, R., GEBHARDT, E., HABEL, A. Rheological behaviour of β -glucans preparations from oat products. *Food Chemistry*, v.93, p.279-291, 2005.

GUTKOSKI, L.C.; EL-DASH, A.A.; PEDÓ, I. Caracterização química e nutricional de frações de moagem de aveia. *Arquivos de biologia e tecnologia*, v.40, n.1, p.121-134, 1997.

IRAKLI, M., BILIADERIS, C.G., IZYDOREZYK, M.S. PAPADOYANNIS, I.N. Isolation, structural features and rheological properties of water-extractable beta-glucans from different Greek barley cultivars. *Journal of the Science of food and agriculture*, v.84, p.1170-1178, 2004.

JOHANSSON, L., TUOMAINEM, P., YLINEN, M., EKHOLM, P., VIRKKI, L. Structural analysis of water-soluble and insoluble β -glucans of whole-grain oats and barley. *Carbohydrate polymers*, v.58, p. 267-274, 2004.

KNUCKLES, B.E., HUDSON, C.A., CHIU, M.M. Molecular characterization of barley (1→3) (1→4) - β -D-glucans by size exclusion chromatography with multiple angle laser light scattering and other detectors. *Cereal Chemistry*, v.74, p.599-604, 1997.

KNUCKLES, B.E.; CHIU, M.M.; BETSCHART, A. A; β -glucan enriched fractions from laboratory-scale dry milling and sieving of barley and oats. *Cereal Chemistry*, v. 69, n.2, p. 198-202, 1992.

McCLEARY, B.V. *Methods in Enzimology*. In.: Wood, W.A. Kellogg, S.T. (ed.). Academic Press, San Diego, CA, 1998. p.511-514.

MOREIRA, A. S.; SOUZA, A. S.; VENDRUSCOLO, C. T., Determinação da composição de biopolímero por cromatografia em camada delgada: Metodologia. *Revista Brasileira de AGROCIÊNCIA*, v.4, n. 3, p.222-224, 1998.

MORGAN, K.R., OFMAN, D.J. Glucagel, a gelling β -glucan from barley. *Cereal Chemistry*, v.75, p.879-881. 1998.

SÁ, R. M.; FRANCISCO, A.; SOARES, F. C. T. Concentração de β -glucanas nas diferentes etapas do processamento da aveia (*Avena sativa* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 4, p. 425- 427, 1998.

SYMONS, L.J., BRENNAN, C.S. The effect of barley β -glucans fibre fractions on starch gelatinization and pasting characteristics. *Journal of Food Science*, v.69, p.257-261, 2004.

WANG, Q., WOOD, P.J., HUANG, X., CUI, W. Preparation and characterization of molecular weight standards of low polydispersity from oat and barley (1→3) (1→4)- β -D-glucans. *Food Hydrocolloids*, v.17, p.845-853, 2003.

WEI LI, CUI, S.W., KAKUDA, Y. Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β - glucans. *Carbohydrates polymers*, v.63, p.408-416, 2006.

WOOD, P. J., et al. Large-scale preparation and properties of oat fractions enriched in (1→3) (1→4) - β -D-glucans. *Cereal Chemistry*, v. 66, n. 2, p. 97-103, 1989.

WOOD, P. J.; WEISZ, J.; BLACKWELL, B. A. Molecular characterization of beta-D-glucans: structural analysis of oat beta-D-glucan and rapid structural evaluation of beta-D-

glucans from different sources by high-performance liquid chromatography of oligosaccharides released by lichenase. *Cereal Chemistry*, v 68, n. 1, p. 31-39, 1991.

WOOD, P.J. Physicochemical characteristics and physiological properties of oat (1→3) (1→4) - β -D-glucans. In: *Oat Bran*, P.J. Wood, St. Paul, MN: AACC, 1993. p.83-112.

WOOD, P.J. Aspects of the chemistry and nutritional effects of non-starch polysaccharides of cereal. In: *Developments in carbohydrates chemistry*, ALEXANDER, R.J., ZOBEL, H.F., St. Paul, MN: AACC. 1992. p.293-314.

ZHANG, D., DOEHLERT, D.C., MOORE, W.R. Rheological properties of (1→3) (1→4) - β -D-glucans from raw, roasted and steamed oat groats. *Cereal chemistry*, v.75, n.4, p.433-438, 1998.

3.3 ESTUDO III

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NA QUALIDADE DE GRÃOS DE AVEIA BRANCA E DE BETA-GLICANAS

RESUMO

A secagem de grãos tem como objetivo principal a redução do conteúdo de umidade a valores que permitam a conservação da qualidade nutricional e sensorial por longos períodos. Vários pesquisadores afirmam que altas temperaturas de ar de secagem afetam prejudicialmente as características físicas e químicas dos grãos como cor, acidez, composição química, peso volumétrico entre outras. Objetivou-se com esse trabalho avaliar efeitos de diferentes temperaturas de ar durante a secagem de grãos de aveia branca na sua qualidade física, química, biológica e tecnológica. Os grãos de aveia, cultivar Albasul, foram submetidos à secagem estacionária com temperaturas de 25, 50, 75 e 100°C, com variação de $\pm 5^\circ\text{C}$, e após moídos em granulometria inferior a 0,50mm, para a realização das análises. Os resultados obtidos permitem concluir que o aumento da temperatura na secagem intensificou a redução da qualidade biológica, expressa através do poder germinativo e do vigor, além de provocar reduções no peso de 1000 grãos e no peso volumétrico, sem comprometer a coloração dos grãos. As condições utilizadas de secagem não inativaram as enzimas lípase e peroxidase, embora tenham provocado reduções nas suas atividades. As secagens com temperaturas a partir de 75°C provocaram reduções no teor de beta-glicanas, afetando a sua capacidade de absorção e de retenção de água, além de comprometer a sua capacidade de escoamento.

3.3.1 INTRODUÇÃO

Diversos fatores influenciam na qualidade de produtos agrícolas, como espécie e variedade, condições edafoclimáticas, manejo (adubação, irrigação e controle fitossanitário), colheita (época, duração e procedimento) e operações pós-colheita (Groff, 2002). A secagem tem por objetivo principal a redução do conteúdo de umidade a valores que permitam a conservação da qualidade nutricional e sensorial, desenvolvida durante a fase de campo, por longos períodos (Biagi, 2002).

Segundo Carvalho e Nakagava (2000) e Peske et al. (2006), existem duas formas distintas de retenção de água pelos grãos. A primeira forma é a água livre, sendo a mais facilmente removida durante o processo de secagem e requer para sua retirada, baixo nível de energia, chamado de calor latente de vaporização. A segunda é a água de constituição, que está fortemente ligada á estrutura celular do grão, exigindo alto nível de energia para sua remoção. Através da remoção de água pela secagem, natural ou artificial, torna-se possível à conservação de produtos agrícolas durante o armazenamento. A secagem também é importante no que concerne à produção e comercialização de produtos agrícolas, uma vez que:

- a. possibilita a antecipação da colheita, reduzindo as perdas de campo ocasionadas por interpéries, ação de insetos, roedores e pássaros;
- b. propicia o planejamento da colheita e o emprego mais eficiente de maquinário e mão-de-obra;
- c. fornece condições ao produtor de obter melhores preços na comercialização durante entressafras, no caso de estar associada ao armazenamento;
- d. permite a formação de estoques reguladores de mercado;
- e. promove a valorização de preço com a oferta de produtos de melhor qualidade, no caso de grãos, quanto às características sensoriais e nutricionais.

Segundo Athié et al. (1998), um processo de secagem eficiente é aquele que, além de reduzir o teor de água do produto, aumenta o seu potencial de conservação pós-colheita e preserva suas características físicas e propriedades tecnológicas, atribuindo-lhe alto valor comercial.

Os métodos de secagem podem ser divididos em naturais, que utilizam a energia solar e eólica e artificiais, que podem ser estacionário, contínuo e intermitente ou seca-aeração. Os métodos naturais são dependentes de condições climáticas favoráveis,

sobre as quais não se pode ter controle; e por isso, são limitados e pouco utilizados (Elias, 2002). Respeitando-se os parâmetros técnicos e operacionais, a secagem pode ser realizada nos sistemas, processos ou métodos que utilizem ar não aquecido e naqueles com ar aquecido (Barbosa et al., 2006).

Para Peske (2005), os métodos de secagem artificial, quanto ao fluxo do produto no secador, podem ser classificados em secagem estacionária, que consiste basicamente em se forçar um fluxo de ar através do produto que permanece em repouso, e secagem de fluxo contínuo, que consiste em submeter o produto em movimento contínuo a uma corrente de ar.

Estudiosos afirmam que o calor tem efeito definitivo sobre o valor nutricional dos grãos. Silva et al. (1995b), verificou que o valor nutritivo do milho não foi reduzido, quando esse produto foi seco em temperaturas de 60 a 104°C. Já a disponibilidade de lisina foi reduzida quando o milho foi secado a 150°C. O teor de niacina não foi alterado, mas a quantidade de pirodoxina foi significativamente reduzida. A secagem em altas temperaturas, quando não bem conduzida, pode levar ao escurecimento do óleo em grãos oleaginosos, como soja, e até mesma a desnaturação protéica em grãos protéicos, como trigo e milho (Jayas e Gosh, 2006).

Embora a maioria dos pesquisadores não concorde que as alterações no valor nutricional dos grãos sejam devidas às altas temperaturas de secagem, eles são unânimes em afirmar que as características físicas e químicas, como consistência, cor, palatabilidade, acidez, umidade, composição centesimal, entre outras, são afetadas pelas temperaturas de secagem (Kolling, 2006).

Objetivou-se com este trabalho avaliar efeitos imediatos de diferentes temperaturas de ar de secagem sobre a qualidade de grãos de aveia branca e em seus constituintes; como não era objetivo do trabalho, não foram avaliados danos latentes da secagem, os quais se manifestam durante o armazenamento.

3.3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.2.1 Material

Para a realização do trabalho foram utilizados grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.), cultivar Albasul, oriunda do campo experimental da Palma na Universidade Federal de Pelotas (UFPeI), localizado no município do Capão do Leão – RS, colhida na safra agrícola 2004/2005.

3.3.2.2 Métodos

3.3.2.2.1 Secagem

Os grãos foram secados em sistema estacionário adaptado, ocorrendo a operação em duas etapas. Da umidade inicial, próxima a 23%, até a umidade intermediária, de ponto crítico, 15 a 16%, todas as amostras permaneceram estáticas na câmara de secagem e receberam ar em condições térmicas brandas, correspondente a temperatura ambiente de 25°C. A partir deste ponto ocorreram quatro condições térmicas de manejo do ar de secagem até a umidade final de 12 a 13%. Na secagem 1, que serviu como amostra testemunha, o ar continuou com a temperatura de 25°C até completar a umidade final. Nas secagens 2, 3 e 4, o ar foi aquecido a 50, 75 e 100°C, respectivamente, permanecendo nessas temperaturas até os grãos atingirem a umidade final.

3.3.2.2.2 Análises

As análises químicas, físicas e físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Controle de Qualidade de Grãos (DCTA-FAEM-UFPeI) e no Laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação da Universidade de Passo Fundo (UPF). As análises biológicas foram realizadas no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia (FAEM/UFPeI).

Os grãos de aveia foram classificados e selecionados, para remoção de sujidades e grãos chochos, descascados (descascador Imack) e as cariopses acondicionadas em vidros e armazenadas a 17°C até o momento das análises. Para a

realização das análises as cariopses foram moídas em moinho Perter, em granulometria inferior a 0,50mm.

3.3.2.2.1 Análises Físicas

3.3.2.2.1.1 Cor

A cor dos grãos de aveia foi determinada pelo uso do colorímetro Minolta CR 300. O aparelho foi calibrado com cerâmica, realizando-se a leitura por reflexão e utilizado ângulo de observação de 2°, iluminante principal D65, iluminante secundário flu-branca fria e reflexão especular incluída (RSIN). No sistema Hunter de cor, corrigido pela CIELab, os valores L* (luminosidade) flutuam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores de a* e b* (coordenadas de cromaticidade) variam de -a* (verde) até +a*(vermelho), e -b*(azul) até +b*(amarelo). Os resultados são médias de cinco repetições.

3.3.2.2.1.2 Peso volumétrico

Determinado utilizando-se balança de peso hectolitro Dalle Molle com capacidade de ¼ de litro, sendo necessária transformação para Kg.m^{-3} e balança eletrônica digital com precisão de 0,01g. Os resultados são médias de cinco repetições expressos em Kg.m^{-3} .

3.3.2.2.1.3 Peso de mil grãos

O peso de mil grãos foi determinado segundo normas estabelecidas pelo ministério da Agricultura (Brasil, 1992), com adaptações. Foram utilizadas cinco repetições, com contagem de 1000 grãos e pesagem em balança analítica. Os resultados expressos em gramas são médias de cinco repetições.

3.3.2.2.2 Análises Biológicas

A qualidade biológica dos grãos foi avaliada pelos testes clássicos de germinação e vigor, com adaptações.

3.3.2.2.2.1 Teste padrão de germinação

O teste de germinação foi realizado de acordo com o recomendado pelas Regras de Análises de Sementes (Brasil, 1992), porém utilizando-se 4 repetições de 50 grãos, em germinador a 20°C, e contagens aos 5 e 10 dias, sendo os resultados expressos em percentagem de plântulas normais.

3.3.2.2.2.2 Teste de vigor

O vigor foi avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, utilizando-se 220 sementes de aveia de cada tratamento, colocadas em caixa gerbox, sobre uma tela de aço inox, contendo 40ml de água destilada, que foram mantidas em câmara BOD sob 42°C e 100% de umidade relativa; após 72 horas, as sementes foram colocadas para germinar em rolos de papel, sendo posteriormente feita a avaliação conforme as regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). As contagens foram realizadas aos 5 e 10 dias, sendo os resultados expressos em percentagem de plântulas normais.

3.3.2.2.3 Análises Químicas

3.3.2.2.3.1 Composição centesimal

Os teores de proteína bruta, lipídios, minerais, carboidratos, fibra alimentar total, fibra insolúvel e fibra solúvel foram determinados por meio de espectrofotometria do infravermelho proximal (NIRS), no aparelho Perstorp Analytical NIRSystems modelo 5000 através do programa New Infracsoft International Software. A técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) vem sendo utilizada para medir constituintes de diferentes vegetais de forma rápida e precisa (Lemons e Silva et al., 2006).

As curvas de determinação de proteínas, lipídios e fibra alimentar foram construídas no Laboratório de análises físico-químicas do CEPA/UPF, utilizando os métodos nº 991.20 (AOAC, 2000), nº 920.39 (AOAC, 2000), nº 993.19 (AOAC, 2000), respectivamente. Os teores de carboidratos foram calculados por diferença e os minerais foram determinados pela técnica convencional, ou seja, o valor encontrado correspondente ao resíduo obtido por incineração em estufa a 600°C, com destruição da matéria orgânica; baseado no método nº 945.39B (AOAC, 2000). A umidade foi determinada pelo método da estufa a 105±3°C, com circulação natural de ar, por 24 horas, de acordo com a metodologia oficial de análise de sementes preconizada pelo Ministério da Agricultura (Brasil, 1992).

3.3.2.2.3.2 Atividade de lípase

A atividade residual da enzima lípase foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Kaur et al. (1993), através do preparo de substrato pela homogeneização de 2 gramas de álcool polivinílico, 40mg de desoxicolato de sódio e

50mL de óleo de oliva em 100mL de tampão fosfato 0,2M, pH 7,4 por 2,5 minutos. A seguir, 2 gramas de amostra foram dispersas em 5mL de substrato, incubado a 38°C por 24 horas, sendo a reação paralisada pela adição de 20mL de solução de álcool etílico e acetona (1:1), neutralizada. A atividade de lipase foi expressa em porcentagem de hidrólise com base no índice de saponificação do substrato.

3.3.2.2.3.3 Atividade de peroxidase

A atividade residual da enzima peroxidase foi determinada através da dispersão de 0,625g de amostra em 25mL de tampão TRIS-HCL 0,2M, pH 8,5, agitação por 10 minutos e centrifugação por 15 minutos a 2000 x g. Uma alíquota de 0,5mL do sobrenadante foi misturada com 3mL da solução de substrato, realizando-se a leitura em espectrofotômetro na absorvância de 420nm. O substrato foi preparado pela homogeneização de 50mM de guaiacol, 20mM de peróxido de hidrogênio e 5% de etanol em tampão acetato de sódio 0,1M, pH 5,0 (Ekstrand et al., 1992). Uma atividade de peroxidase corresponde ao aumento de 0,001 na absorvância a 420nm.min⁻¹.g⁻¹ de amostra.

3.3.2.2.3.4 Índice de acidez

A determinação do índice de acidez foi realizada de acordo com o método número Ca5a-40 da AOCS (1990) e os resultados expressos em mg de KOH.g óleo⁻¹.

3.3.2.2.3.5 Teor de beta-glicanas

A determinação de beta-glicanas foi realizada conforme metodologia proposta pela AOAC (2000), método nº 995.16. Este método é um procedimento rápido e direto para determinação de β (1→3) e (1→4) glicanas em amostras gelatinizadas de farinhas usando enzimas altamente purificadas de lichenase e beta-glicosidase. As beta-glicanas foram hidrolisadas pela lichenase obtendo-se oligossacarídeos e quantitativamente clivadas a glicose pela beta-glicosidase. A glicose é medida usando glicose oxidase-peroxidase e os resultados expressos em porcentagem de beta-glicanas.

3.3.2.2.4 Extração e análises de qualidade de beta-glicanas

Para realizar as análises de extração de beta-glicanas, utilizou-se o método proposto por KNUCKLES *et al.* (1997), com adaptações; o qual conforme observado no estudo 2 desta dissertação, apresentou bom rendimento de extração e alta pureza no

extrato, quando comparado a outros métodos. Este método, o qual utiliza água a 90°C como solvente de extração, além de apresentar os bons resultados já descritos, mostrou-se de fácil manejo operacional, além de ter um baixo custo.

O farelo de aveia foi fracionado pela moagem em moinho Perter, com peneira de 20 *mesh* e desengordurado a frio com n-hexano (proporção de 1:4) por 24 h com agitação. O fracionamento da aveia por peneiramento é difícil devido ao alto teor de lipídios (KNUCKLES *et al.* 1992). A separação do solvente foi realizada por filtração e a eliminação dos resíduos de n-hexano através da secagem em estufa com circulação de ar, regulada na temperatura de 80 °C por uma hora.

O material retido foi retriturado, utilizando peneira de 30 *mesh*, fracionado pelo uso de peneira de 200 *mesh*. A terceira moagem da fração grossa foi realizada com peneira de 40 *mesh*, fracionamento pelo uso de peneira de 200 *mesh* de abertura (Figura 3.1) e a fração A utilizada para produzir o concentrado de beta-glicanas (Figura 3.2), realizado de acordo com o método proposto por Knuckles *et al.* (1992), com adaptações.

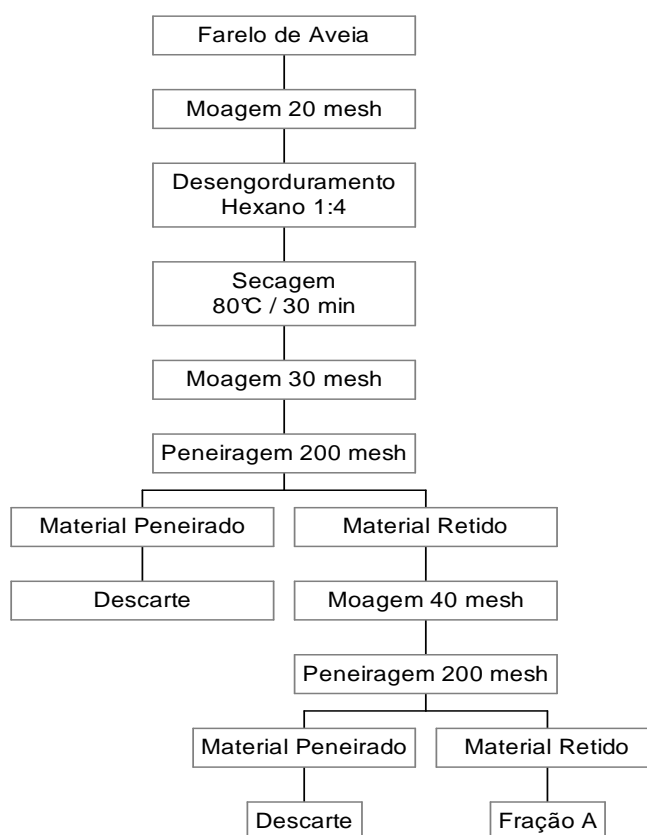


Figura 3.1 Fluxograma do processo de concentração das beta-glicanas do farelo de aveia.

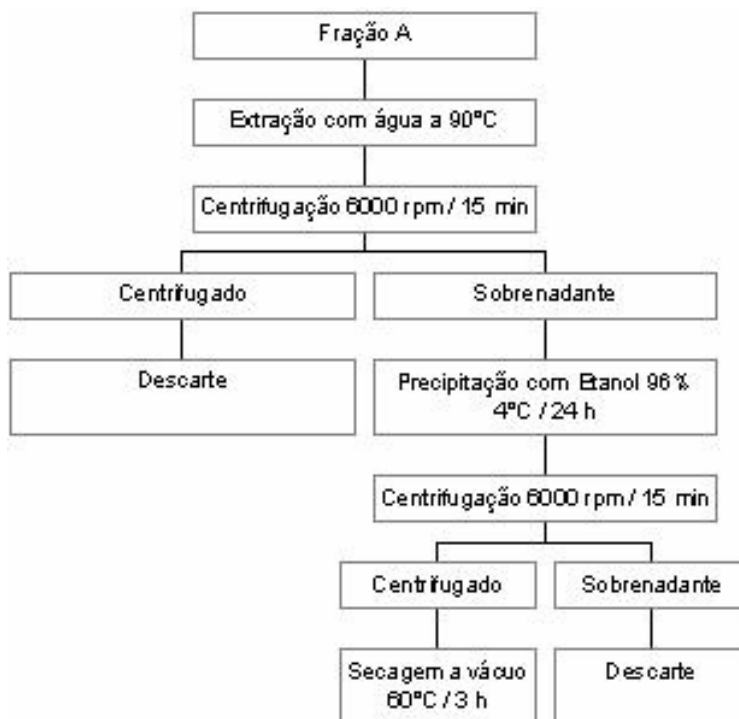


Figura 3.2 Fluxograma do processo de extração das beta-glicanas do farelo de aveia.

3.3.2.2.4.1 Capacidade de absorção de água (CAA) de beta-glicanas

A absorção de água foi determinada, segundo o método descrito por Glória & Regitano D'arce (2006). Uma amostra de 0,5g do material estudado foi homogeneizada em 5ml de água destilada, em tubo de centrífuga graduado por 1 minuto e deixada em repouso por 30 minutos à temperatura ambiente e, em seguida, centrifugada por 30 minutos a 2600 rpm. A água retida após a centrifugação foi considerada como água absorvida.

O sedimento no tubo da centrífuga, após separação do sobrenadante foi pesado, sendo a capacidade de absorção de água (CAA) calculada pela equação:

$$\%C.A.A. = \frac{\text{Peso do sedimento (g)}}{\text{Peso da amostra seca (g)}} \times 100$$

3.3.2.2.4.2 Capacidade de retenção de água (CRA)

Foi determinada segundo Anderson et al. (1969) e Chaud e Sgarbieri (2006), com adaptações. Uma mistura contendo 2,5 g de amostra e 30 mL de água, após mantida sob agitação por 30 minutos foi centrifugada a 2.300 rpm por 15 minutos a 20°C. O

sedimento foi pesado e, no sobrenadante, determinado o resíduo seco (sólidos solúveis) após a evaporação. A capacidade é calculada de acordo com a equação:

$$C.R.A = \frac{\text{Peso do resíduo de centrifugação (g)}}{\text{Peso da amostra (b.s.) (g) - Peso do resíduo de evaporação (g)}}$$

3.3.2.2.4.3 Concentração e temperatura de geleificação de beta-glicanas

Inicialmente, foram preparadas dispersões de amostras em diferentes concentrações mínimas de amostra, conforme metodologia proposta por Chaud e Sgarbieri (2006). Dispersões de 2, 3, 4, 5 e 6% foram preparadas em 10ml de tampão fosfato 20mM, pH 7,0, e colocadas em tubos de ensaio. Os tubos foram aquecidos por 1 hora à temperatura de 90°C, resfriados rapidamente e mantidos por 2 horas a 4°C. A menor concentração capaz de promover geleificação foi aquela em que os tubos foram invertidos e as amostras não caíram ou deslizaram pela parede do tubo. A temperatura de geleificação foi determinada visualmente pela mudança física dos grânulos de beta-glicanas em solução sob aquecimento.

3.3.2.2.4.4 Teste de fluidez

Determinado com consistômetro Marconi, modelo MA 441, série 0021244, elevado a um ângulo de 45°, com amostra em temperatura de 20°C, durante 10 minutos. Os resultados são a média de cinco repetições expressos em cm/min.

3.3.2.2.5 Análise Estatística

Os resultados das avaliações físicas, biológicas e químicas foram avaliados pela análise de variância, sendo os resultados que apresentaram diferenças estatísticas complementados pela comparação de médias através do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, no programa ANOVA do software Statística versão 5.0[®].

3.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.3.1 Qualidade física

Na Tabela 3.1 estão apresentados os valores de peso volumétrico e peso de 1000 grãos de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetido a diferentes temperaturas de secagem.

Os dados apresentados na Tabela 3.1 permitem observar que ocorreram diferenças significativas entre as secagens, tanto com relação ao peso de 1000 grãos como com o peso volumétrico. O aumento da temperatura do ar de secagem promoveu a diminuição dessas características físicas. Os resultados obtidos estão de acordo com Oliveira, et al. (2006a), ao avaliar o efeito do armazenamento controlado e não controlado após secagem intermitente com temperatura de ar de 60, 85 e 110°C.

TABELA 3.1 Peso de 1000 grãos (g) e peso volumétrico (Kg.m⁻³) em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos à secagem com diferentes temperaturas*.

Condição de secagem	Massa de 1000 grãos (g)	Peso volumétrico (Kg.m ⁻³)
25°C**	40,7993a	320,4687a
50°C***	38,6176b	318,4660b
75°C***	38,4773b	316,9537c
100°C***	37,8358b	315,9932c

* Médias aritméticas simples de cinco repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

** Secagem realizada em condições brandas, sobre temperatura ambiente de 25°C até o final do processo.

*** Secagem realizada de forma escalonada: 25°C até 15-16% de umidade e aumento de temperatura, para finalizar o processo até 13% de umidade.

Na determinação da qualidade física dos grãos, estão associadas características como forma, textura do tegumento, tamanho e peso, e as características extrínsecas ao material, como a presença de palha, terra e outras matérias estranhas. Valores muito baixos de peso volumétrico podem indicar ocorrência de problemas na lavoura, que tenham afetado o enchimento dos grãos e sua qualidade (Guarienti, 1996).

Segundo Silva et al. (1995a), o peso volumétrico e o peso de 1000 grãos, geralmente sofrem alterações durante o processo de secagem. A secagem excessiva de um produto a temperaturas muito elevadas pode danificar o material e, assim, conseqüentemente, poderá ter um menor peso hectolitro.

Na Tabela 3.2 estão apresentados os valores da avaliação de cor de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, obtidos pelo sistema L, a, b, submetidos a diferentes temperaturas de ar de secagem. Não se observou diferença significativa entre os tratamentos, com relação aos componentes de cor das amostras.

Os resultados aqui obtidos estão de acordo com Marini (2004), que ao avaliar a qualidade dos grãos de aveia em função da variação da temperatura do ar de secagem e da relação de intermitência, não encontrou diferenças significativas na cor dos grãos de aveia branca.

O desenvolvimento de cor durante o processamento fornece informações importantes sobre o grau de tratamento térmico, além de ser uma das características de qualidade dos alimentos que são consumidos sem processamento posterior (Linko et al., 1981; Gutkoski e Pedó, 2000).

TABELA 3.2 Cor (L, a, b) em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de ar de secagem*.

Condição de secagem	Componentes de cor		
	L	a	b
25°C**	58,9340a	5,7040a	31,7440a
50°C***	58,8816a	5,7980a	31,3714a
75°C***	58,7900a	5,8040a	31,1925a
100°C***	58,6050a	5,8775a	30,8380a

* Médias aritméticas simples de cinco repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

** Secagem realizada em condições brandas, sobre temperatura ambiente de 25°C até o final do processo.

*** Secagem realizada de forma escalonada: 25°C até 15-16% de umidade e aumento de temperatura, para finalizar o processo até 13% de umidade.

3.3.3.2 Qualidade biológica

Nas Figuras 3.3 e 3.4 estão apresentados, respectivamente, os valores de germinação e vigor de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de ar de secagem.

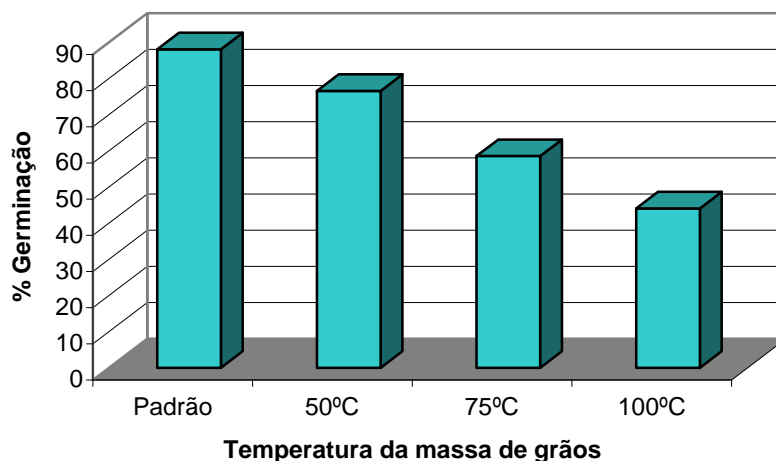


FIGURA 3.3 Germinação (%) em plântulas normais de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetido a diferentes temperaturas de ar de secagem.

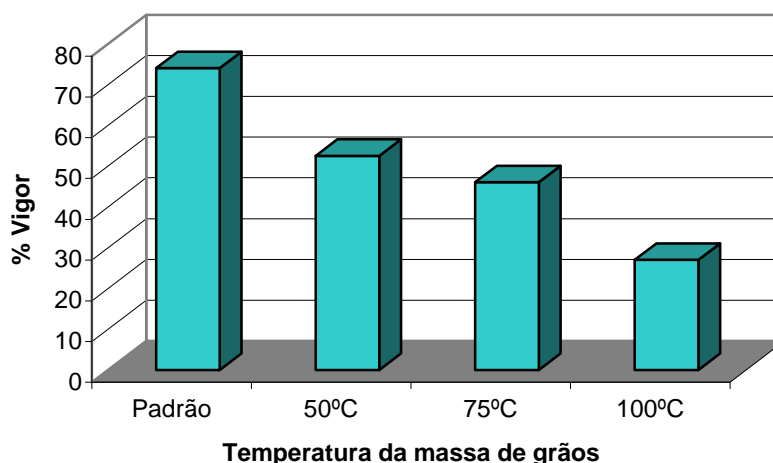


FIGURA 3.4 Vigor (%) em plântulas normais de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetido a diferentes temperaturas de ar de secagem.

Observando-se os dados expressos através das Figuras 3.3 e 3.4 é possível verificar que tanto o poder germinativo como o vigor, quando comparados ao da amostra testemunha, diminuíram em função do aumento da temperatura do ar de secagem, demonstrando assim, que o dano térmico é imediato nestas condições. A secagem a 100°C promoveu as reduções do poder germinativo para 51% e do vigor para 63%, enquanto que com a secagem a 75°C as reduções foram 33,5 e 37%, respectivamente; e com a temperatura de 50°C as reduções foram 13,6 e 21%, respectivamente. A secagem estacionária intensifica a diminuição da qualidade biológica, uma vez que a lentidão desta

operação, que expõe os grãos, ainda com alta umidade, a um prolongado tempo em contato com o ar aquecido, causa aceleração do metabolismo durante a própria operação, acelerando desse modo a sua deterioração (Marini et al., 2005).

Tanto germinação como vigor pode ser usado como parâmetros de conservação de grãos, pois uma diminuição de seus valores indica deficiência na secagem ou no armazenamento com conseqüente perda de qualidade dos grãos. A germinação e vigor diminuem com o aumento da temperatura do ar de secagem, do grau de umidade na colheita e do tempo de armazenamento (Junior e Corrêa, 2000).

Segundo Elias et al. (2002), a porcentagem de germinação permite quantificar a estabilidade dos grãos de cereais, ou seja, os grãos que apresentam alta viabilidade germinativa são também aqueles que mantêm elevados outros parâmetros importantes na comercialização ou qualidade tecnológica. Os testes de vigor servem para identificar possíveis diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes que apresentam poder germinativo semelhante. Eles são utilizados para complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação (Delouche, 2002).

Ahrens et al. (2000), estudando o efeito da secagem intermitente com altas temperaturas sobre a qualidade fisiológica de grãos de aveia branca, verificaram reduções significativas na porcentagem de germinação, onde a temperatura da massa de grãos variou entre 41 e 51,3°C. Herter e Burris (1999), utilizando temperatura de 50°C na massa, observaram redução da qualidade fisiológica, enquanto Backer et al. (1991) observaram que o vigor das sementes de milho foi prejudicado a partir de 10 horas de secagem estacionária a 48°C.

3.3.3.3 Qualidade química

Na Tabela 3.3 são apresentados os resultados das determinações da atividade residual das enzimas lípase e peroxidase, em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos à secagem com diferentes temperaturas.

TABELA 3.3 Atividade residual das enzimas lipase e peroxidase em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos à secagem com diferentes temperaturas*.

Condições de secagem	Enzimas	
	Lipase (% de hidrólise)	Peroxidase (Abs _{420nm} /min/g)
25°C**	16,44a	9996a
50°C***	16,48a	9264b
75°C***	16,40a	8088c
100°C***	16,17b	6640d

* Médias aritméticas simples de três repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

** Secagem realizada em condições brandas, sobre temperatura ambiente de 25°C até o final do processo.

*** Secagem realizada de forma escalonada: 25°C até 15-16% de umidade e aumento de temperatura, para finalizar o processo até 13% de umidade.

As condições nas quais foram realizadas o estudo, não foram suficientes para promover redução significativa da atividade da lipase. Essa enzima é muito lábil ao calor, porém muito mais sensível ao calor úmido (Marini, 2004). Os percentuais de hidrólise variaram de 16,48% a 16,17%.

A peroxidase é uma enzima altamente termoestável, por isso as temperaturas utilizadas neste estudo não foram suficientes para reduzir a sua atividade de forma a inativá-la. Porém promoveu-se inativação parcial de sua atividade, com redução de 7,32% com o uso da temperatura de 50°C, 19,08% com 75°C e 33,57% com o uso da temperatura de 100°C, ou seja, a secagem com maior temperatura produziu a maior redução da atividade da enzima peroxidase. Esses resultados estão de acordo com Elias et al. (2006) que observaram decréscimo na atividade de lipase e peroxidase com secagem estacionária a partir de 80°C. Weber et al. (2002), avaliando o efeito do tempo de imersão e da temperatura da água, observaram diminuição drástica nos valores de atividade de lipase em aveia, nos tratamentos com maior tempo de imersão e temperatura mais elevada. Os mesmos autores não encontraram redução na atividade de peroxidase em relação à matéria-prima quando a temperatura foi de 50°C e o tempo de imersão de 30 e 180 minutos.

A avaliação da qualidade de grãos de aveia e de seus produtos por meio das propriedades químicas dos seus lipídios é uma prática difundida e que pode ser adotada como rotina, sem maiores problemas e com bons resultados (Gutkoski e Pedó, 2000). Como a hidrólise lipídica ocorre mais rapidamente do que a de proteínas ou carboidratos,

o índice de acidez é um indicador sensível de deterioração incipiente de grãos armazenados e seus produtos. Com isso têm-se condições de detectar perdas logo no seu princípio, possibilitando que se tomem medidas para evitar danos maiores.

Através dos dados da Tabela 3.4 é possível observar o efeito do aumento da temperatura do ar de secagem na acidez dos grãos integrais e dos grãos desengordurados de aveia, cultivar Albasul.

TABELA 3.4 Índice de acidez de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de secagem e operação de desengorduramento*.

Condições de secagem	Índice de acidez em grãos de aveia (mg KOH.100g ⁻¹)	
	Grão descascado integral	Grão descascado desengordurado
25°C**	A0,1316a	B0,04a
50°C***	A0,1013a	B0,04a
75°C***	A0,072a	B0,04a
100°C***	A0,098a	B0,04a

* Médias aritméticas simples de três repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na linha, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

** Secagem realizada em condições brandas, sobre temperatura ambiente de 25°C até o final do processo.

*** Secagem realizada de forma escalonada: 25°C até 15-16% de umidade e aumento de temperatura, para finalizar o processo até 13% de umidade.

O aumento da temperatura do ar de secagem não promoveu diferenças significativas nos índices de acidez dos grãos integrais e nem nos desengordurados. Porém, o índice de acidez diminuiu consideravelmente com o desengorduramento da amostra, mostrando assim, que o principal responsável pela acidez da aveia é a fração lipídica. Esses resultados estão de acordo com Gutkoski e El-Dash (1998) que ao avaliarem o efeito da umidade inicial e da temperatura de extrusão nas frações de moagem de aveia, verificaram que a acidez não variou estatisticamente entre as condições estudadas e nem durante os diferentes tempos de armazenamento.

A Figura 3.6 representa os resultados de índice de acidez obtidos em óleo de aveia, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

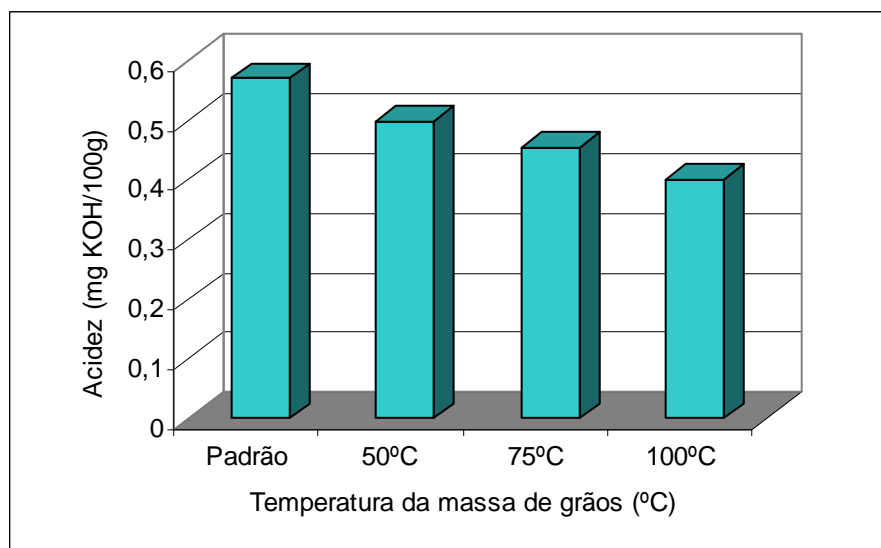


FIGURA 3.5 Índice de acidez em óleo de grãos de aveia, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

Como pode ser observado, a matéria-prima inicial, antes da secagem, já continha um elevado índice de acidez, demonstrando, assim, a baixa qualidade dos grãos antes mesmo da secagem. Os resultados variaram de $0,56 \text{ mg KOH} \cdot 100\text{g}^{-1}$ a $0,40 \text{ mg KOH} \cdot 100\text{g}^{-1}$, ou seja, o aumento da temperatura de secagem resultou na diminuição do índice de acidez do óleo de aveia, nas condições de estudo propostas. Essa redução pode ser explicada pela possível complexação dos ácidos graxos livres com os próprios constituintes do grão. Os resultados obtidos diferem dos encontrados por Marini et al. (2005) que ao avaliar o efeito da temperatura de secagem e da relação de intermitência na qualidade de grãos de aveia branca, mostrou aumento do índice de acidez em função do aumento da temperatura na massa de grãos.

O conhecimento das proporções dos constituintes dos grãos é uma informação importante para se prever comportamentos tecnológicos e de conservabilidade dos mesmos. A aveia se caracteriza por apresentar elevados conteúdos de proteínas e gorduras, quando comparado a outros cereais (Elias et al., 2002). De acordo com Chen (2000), composição química, ambiente, umidade relativa do ar e temperatura do ar de secagem são os fatores que mais influenciam na qualidade tecnológica dos grãos. A composição química centesimal de grãos de aveia, cultivar Albasul, secos com diferentes temperaturas, em termos de proteína, lipídios, cinzas e carboidratos estão apresentados nas Tabelas 3.5 e 3.6.

TABELA 3.5 Composição química centesimal de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos à secagem com diferentes temperaturas de secagem*.

Condições de secagem	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	Carboidratos (%)
Padrão**	13,00a	16,60a	6,88a	2,15a	61,37b
50°C***	13,00a	16,29b	6,81a	2,16a	61,74a
75°C***	13,00a	16,26b	6,78a	2,17a	61,79a
100°C***	13,00a	16,25b	6,60a	2,16a	61,93a

* Médias aritméticas simples de três repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

** Secagem realizada em condições brandas, sobre temperatura ambiente de 25°C até o final do processo.

*** Secagem realizada de forma escalonada: 25°C até 15-16% de umidade e aumento de temperatura, para finalizar o processo até 13% de umidade.

TABELA 3.6 Distribuição dos componentes de carboidratos em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de secagem*.

Condições de secagem	Amido (%)	Fibra total (%)	Fibra solúvel (%)
Padrão**	53,01c	8,36d	3,16a
50°C***	53,01b	8,73c	3,00b
75°C***	53,01b	8,78b	3,05b
100°C***	52,60a	9,19a	2,97b

* Médias aritméticas simples de três repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

** Secagem realizada em condições brandas, sobre temperatura ambiente de 25°C até o final do processo.

*** Secagem realizada de forma escalonada: 25°C até 15-16% de umidade e aumento de temperatura, para finalizar o processo até 13% de umidade.

Ao observar os dados das Tabelas 3.5 e 3.6 percebe-se que não houveram variações significativas nos teores de proteínas, lipídios cinzas e carboidratos nas amostras, em função dos tratamentos. Porém a secagem com temperatura de 100°C levou a diminuição do teor de amido de 53,01% (padrão) para 52,60%. Essa redução é acompanhada do aumento do teor fibras totais de 8,36% (padrão) para 9,19% (secagem a 100°C).

Na Figura 3.6 está representado a quantificação de beta-glicanas em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de ar de secagem.

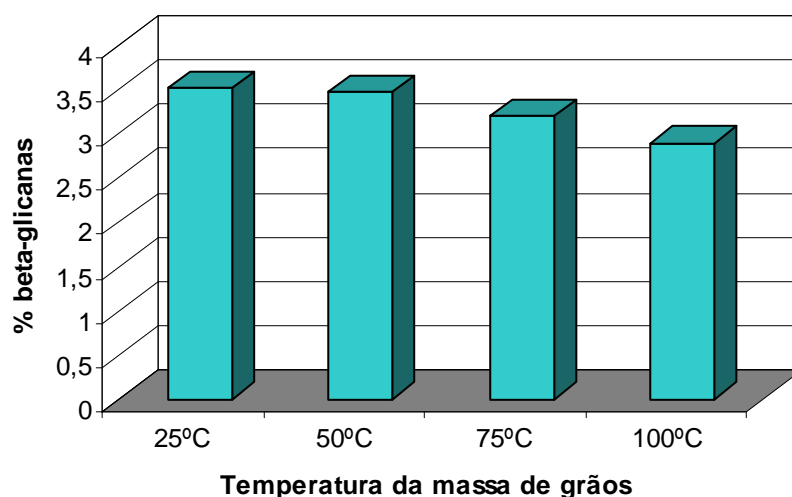


FIGURA 3.6 Teor de beta-glicanas em grãos de aveia branca, cultivar Albasul, submetidos a diferentes temperaturas de ar de secagem.

O teor de fibra beta-glicana diminuiu com a variação da temperatura do ar de secagem dos grãos de aveia. Os resultados variaram de 3,51% a 2,89%, ou seja, o uso da temperatura de 100°C reduziu o teor desta fibra em 17,66%. A secagem com temperaturas de 50 e 75°C não promoveram diferenças significativas. As altas temperaturas empregadas podem ter degradado a fibra alimentar a fragmentos de baixo peso molecular ou até mesmo despolimerizado a estrutura linear deste componente, alterando assim, a sua quantidade e provavelmente comprometendo o seu comportamento. Anderson et al. (2004) ao avaliarem o efeito da adição de beta-glicanas de cevada em pães não observou nenhuma diferença no peso molecular entre amostras de massa e pão assado, mostrando assim, que nas condições de temperaturas utilizadas para o forneamento do pão, não ocorreram reduções de peso molecular nas beta-glicanas. É necessário que se entenda e manipule o processo para assegurar que as possíveis alterações na estrutura das beta-glicanas não comprometam a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos a que foram adicionados.

Mesmo com a redução do teor de beta-glicanas em função do aumento da temperatura do ar de secagem, os teores encontrados estão de acordo com diversos trabalhos descritos na literatura. Gutkoski & Trombetta (1999), estudando genótipos brasileiros de aveia encontraram concentrações de beta-glicanas entre 3,01-4,13%, enquanto Sá et al. (2000), também trabalhando com genótipos brasileiros observaram valores entre 3,51-6,50%. Dallepiane (1997) ao determinar o teor de beta-glicanas de cultivares de aveias nacionais, argentinos e americanos concluiu que a maior fonte de

variação deve-se a fatores genéticos. O teor médio de beta-glicanas dos cultivares nacionais foi de 4,50%, sendo encontrado o maior valor no cultivar CTC 3, porém similar ao cultivar americano Milton.

3.3.3.4 Propriedades funcionais dos concentrados de beta-glicanas

O processamento pode afetar as propriedades moleculares (estrutura química e grau de polimerização) estruturais (interações moleculares) e funcionais (viscosidade, capacidade de ligar água e solubilidade) da fibra beta-glicana, o que poderia afetar os seus benefícios sensoriais, fisiológicos, tecnológicos e nutricionais. Alterações nas propriedades de beta-glicana podem surgir da danificação no corte devido ao processo mecânico, ou até mesmo por tratamentos com altas temperaturas (Wood et al., 1989; Brennan e Cleary, 2005). As beta-glicanas são, em sua maioria, solúveis em água e bases diluídas, com tendência a formar géis e soluções viscosas. A solubilidade e a viscosidade são controladas pelo peso molecular e pela estrutura deste carboidrato não amiláceo. (Wood et al., 1991).

A Figura 3.7 representa o efeito da temperatura do ar de secagem dos grãos de aveia na capacidade de absorção de água (CAA) da fibra beta-glicana.

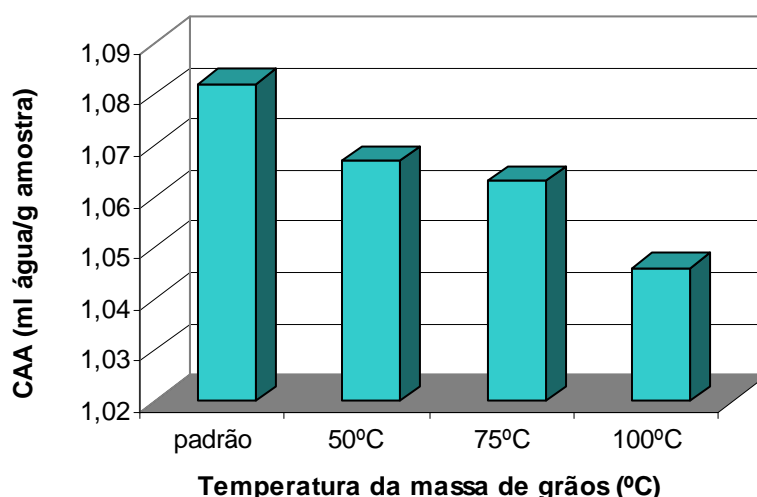


FIGURA 3.7 Capacidade de absorção de água (CAA) em beta-glicanas de aveia submetida a diferentes temperaturas de ar de secagem.

A capacidade de absorção de água (CAA) é uma propriedade relevante para aplicações de ingredientes em produtos cárneos, pães e bolos; valores altos de CAA são

importantes para ajudar a manter a umidade dos mesmos. A absorção de água de um ingrediente em alimentos determina não somente a aceitabilidade do produto final em termos de textura e suculência, mas também a sua margem de lucro (Hall, 1996).

Através da Figura 3.7 observa-se diferença significativa em termos de capacidade de absorção de água nas amostras de beta-glicanas, cujos grãos foram secos a 75 e 100°C. O resultado obtido para a amostra padrão foi de 1,082 ml água/g amostra, enquanto nas amostras dos grãos secos a 50, 75 e 100°C a CAA foi, respectivamente, 1,067 ml água/g amostra, 1,063 ml água/g amostra e 1,046 ml água/g amostra. Observou-se com a análise que a fração beta-glicana absorveu água rapidamente e em seguida, aparentemente, estabilizou-se. Isso pode ser explicado por sua estrutura ter grande facilidade de absorver água e assim formar uma rede tridimensional (gel). Fica claro com esses resultados, a existência de uma alta atração hidrofílica, representada pelo alto grau de hidratação da fibra em estudo. Os valores aqui obtidos estão abaixo dos encontrados por Chaud e Sgarbieri (2006) que ao fracionar, caracterizar e avaliar as propriedades funcionais da parede celular de leveduras encontrou para fração solúvel de beta-glicanas uma capacidade de absorção de água de 1,53 ml água/g amostra. Essa diferença pode ser justificada, entre outros fatores, pela natureza da matéria-prima de extração da fibra, assim como, pelo método utilizado para análise.

Através da Figura 3.8 é possível observar o efeito da secagem com diferentes temperaturas de ar em grãos de aveia na capacidade de retenção de água (CRA) da fibra beta-glicana.

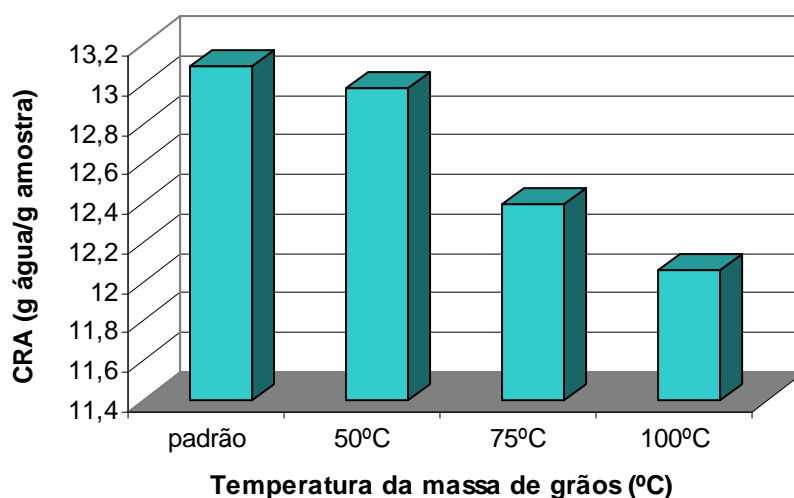


FIGURA 3.8 Capacidade de retenção de água (CRA) em frações isoladas de beta-glicanas de aveia submetida a diferentes temperaturas de ar de secagem.

Observa-se pela Figura 3.8 que a secagem branda, com temperatura de 50°C não alterou significativamente a capacidade de retenção de água da fibra, já os tratamentos com 75 e 100°C, reduziram consideravelmente. Os altos valores encontrados para capacidade de retenção de água, evidenciam a presença marcante de interação do tipo agente geleificante-água. A CRA da amostra padrão foi 13,09 g água/g amostra, já para as amostras com secagem dos grãos em 50, 75 e 100°C foram, respectivamente, 12,98 g água/g amostra, 12,39 g água/g amostra e 12,06 g água/g amostra. A redução da CRA das amostras de grãos secos a 75 e 100 °C, pode ser justificado pelos possíveis danos físicos à estrutura linear da fibra, alterando assim, a sua rede tridimensional.

A capacidade de retenção de água é de grande utilidade na fabricação de produtos cárneos, impedindo assim, a perda de água durante o cozimento e também durante o descongelamento, em produtos de panificação e em alimentos viscosos como sopas. Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os encontrados por Chaud e Sgarbieri (2006).

Através da Tabela 3.7 é possível verificar o efeito da temperatura de secagem dos grãos de aveia na temperatura e concentração de geleificação das frações beta-glicanas. Segundo Armstrong et al. (1994), a quantidade mínima necessária para formação de géis varia de acordo com a natureza do agente geleificante, sendo necessário que esse agente apresente solubilidade para interagir com o solvente e capacidade de reter água na matriz tridimensional das macromoléculas.

TABELA 3.7 Efeito da temperatura de secagem de grãos de aveia branca, cultivar Albasul, nas características de geleificação da fração isoladas de beta-glicana*.

Condições de secagem	GELATINIZAÇÃO	
	Temperatura (°C)	Concentração (%)
Padrão**	55a	5a
50°C***	55a	5a
75°C***	55a	5a
100°C***	55a	6b

* Médias aritméticas simples de três repetições, acompanhadas por distintas letras minúsculas na mesma coluna, diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

** Secagem realizada em condições brandas, sobre temperatura ambiente de 25°C até o final do processo.

*** Secagem realizada de forma escalonada: 25°C até 15-16% de umidade e aumento de temperatura, para finalizar o processo até 13% de umidade.

Pela Tabela 3.7 é possível verificar que não ocorreram diferenças significativas na temperatura e na concentração de geleificação. Apenas a amostra submetida a secagem do grão a 100°C diferiu das demais, geleificando a 55°C na concentração de 6%, enquanto as demais amostras geleificaram a 55°C com 5% de concentração. É importante salientar que nestas concentrações embora suficientes para geleificação, quando se inverteram os tubos, os géis formados não desmanchavam e nem escorriam pelas paredes; no entanto, uma vez retirados do tubo, os géis não apresentaram consistência suficiente para manterem-se firmes.

Como forma de avaliar a viscosidade das amostras isoladas de beta-glicanas em grãos de aveia submetidos a diferentes temperaturas de secagem realizou-se análise de fluidez, conforme representado na Figura 3.9.

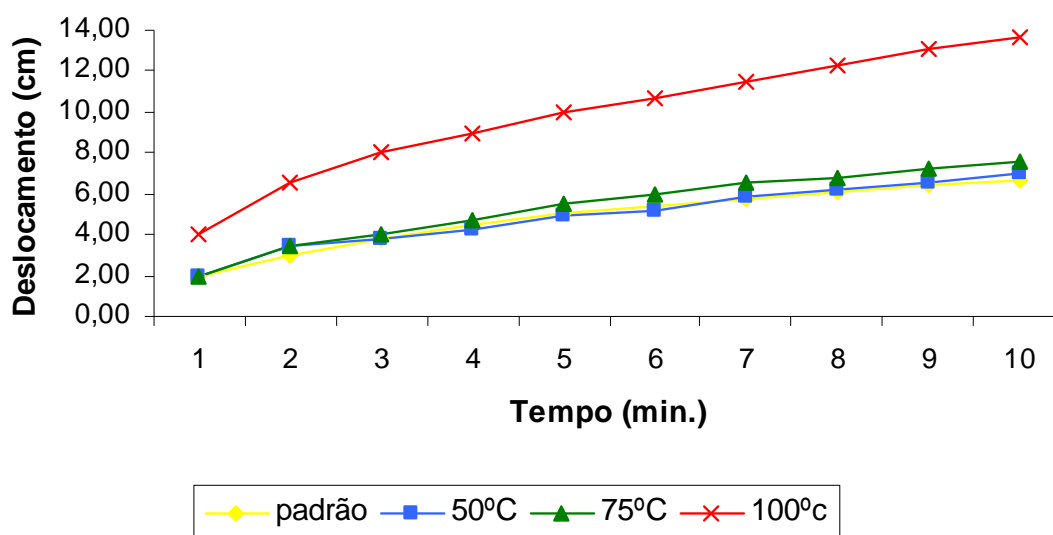
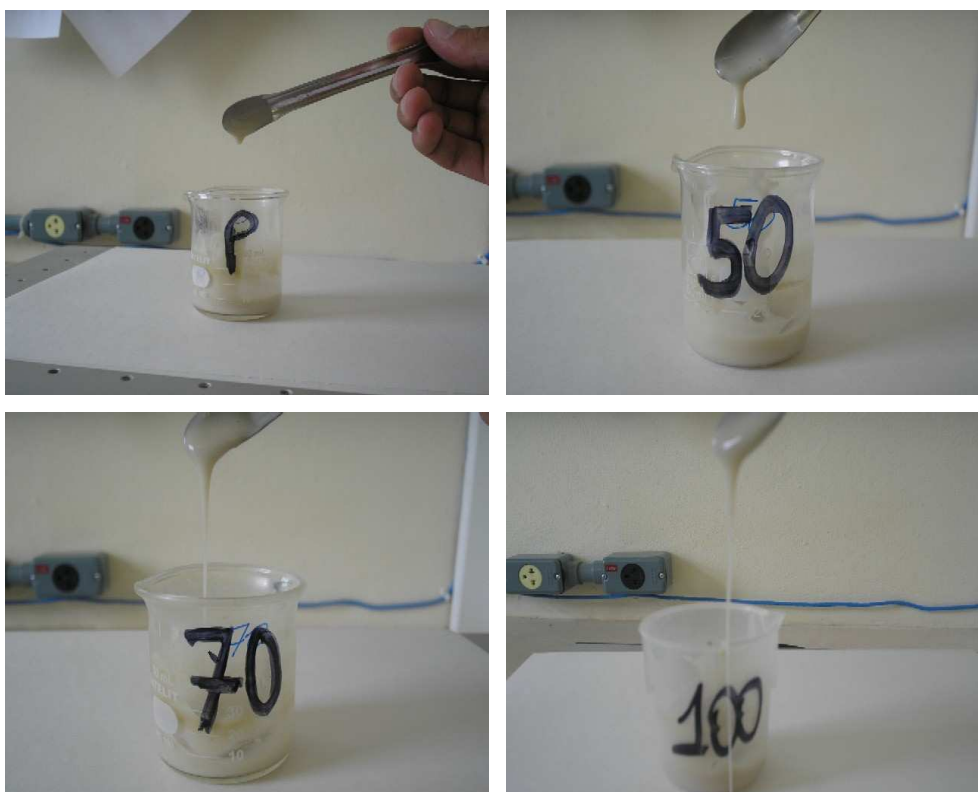


FIGURA 3.9 Efeito da temperatura de secagem de grãos de aveia branca sobre a fluidez das frações isoladas de beta-glicanas.

Complementando os resultados obtidos de CAA e CRA, observa-se com a Figura 3.9, o prejuízo de qualidade nas frações isoladas de beta-glicanas com o uso das temperaturas de 75 e 100°C na secagem de grãos de aveia. As frações de fibra extraídas dos grãos secos a 75 e 100°C mostraram-se mais fluidas ou menos viscosas que as demais amostras, como pode ser observado pelas Figuras 3.10-3.13. Como já mencionado, as altas temperaturas empregadas podem ter desestruturado a estrutura linear da fibra, comprometendo, assim o seu comportamento. A despolimerização da estrutura linear leva a diminuição do peso molecular e assim, conseqüentemente, a perdas na viscosidade das amostras (Wood, 1992).



FIGURAS 3.10 - 3.13. Fluidez de gomas de beta-glicanas de grãos de aveia submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

Chaud e Sgarbieri (2006) propõem baseado nos altos valores de retenção de água, que o mecanismo de geleificação das amostras é através da imobilização de água por adsorção. É claro que esse mecanismo não é o único responsável pela geleificação das amostras, mas provavelmente exerça efeito importante. Segundo Sgarbieri (1996), a teoria de adsorção de solventes se fundamenta na ocorrência de um aumento do volume das moléculas por adsorção de água durante o resfriamento que acabam se tocando ou sobrepondo de tal maneira que todo o sistema (solvente/soluto) torna-se imobilizado e rijo.

Provavelmente, o inchamento e sobreposição das moléculas do agente geleificante tenham viabilizado a formação de uma estrutura ordenada, com interações intermoleculares que reforçaram a estrutura do gel, durante o resfriamento. Fiora et al. (1990) em semelhante estudo, observaram correlação positiva entre a formação de gel com a capacidade de absorção e de retenção de água. Concluíram, no entanto, que embora o mecanismo de geleificação possa estar baseado na imobilização de água, deve

existir, adicionalmente, a formação de uma rede tridimensional, através de desnaturação protéica e formação de ligações cruzadas.

3.3.4 CONCLUSÕES

1) Secagem estacionária com temperaturas de 50 a 100°C na massa de grãos causa danos físicos aos grãos de aveia branca, porém não compromete a sua cor.

2) O aumento da temperatura da massa de grãos promove redução significativa do poder germinativo e vigor dos grãos de aveia branca. A secagem estacionária intensifica a diminuição da qualidade biológica.

3) As condições nas quais foi realizado o estudo não foram suficientes para promover redução significativa da atividade da enzima lípase, mas sim da enzima peroxidase.

4) O aumento da temperatura do ar de secagem até 100°C não altera a acidez dos grãos de aveia, mas pode alterar a acidez do seu óleo

5) A secagem de grãos de aveia branca com temperaturas superiores a 75°C reduz o teor de beta-glicanas, além de comprometer a capacidade de absorção de água (CAA), a capacidade de retenção de água (CRA) e o comportamento de fluxo desta fibra.

3.3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, D.C.; FILHO, L.D.; VILLELA, F.A. Secagem intermitente de sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.) empregando altas temperaturas iniciais. Revista Brasileira de sementes, v.22, n.2, p.45-52, 2000.

ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, U.F.; GRIFFIN JR., E.L. Gelatination of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Science today, St. Paul, Minnesota, v.14, n.1, p. 4-12, 1969.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of AOAC. 15 ed. Washington, 2000. 684p.

AOCS – American oil chemists'society. Official methods and recommended practices. 3. ed., Chicago, 1990. 684p.

ARMSTRONG, H.J.; HILL, S.E.; SCHROOYEN, P.; MITCHEL, J.R.A. Comparison of the viscoelástica properties of conventional and maillard protein gels. Journal of Texture Studies, WESTPORT, v.25, N.3, p. 285-298, 1994.

ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. Conservação de grãos. Campinas, Fundação Cargill, 1998. 236p.

BACKER K.D.; PAULSEN, M.R.; ZWEDEN, J.V. Hybrid and rying rate effects on seed corn viability. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 34, n.2, p. 499-506, 1991.

BARBOSA, F.F.; MILMAN, M.J.; FAGUNDES, C.A.A.; MARTINS, I G ; SCHOWNKE, O.N.; CUNHA, A.C. da ; ELIAS, M.C. . Effect of stationary and intermittent drying on latent damages in rice grains stored. In: 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006, Campinas. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006. p. 1003-1011.

BIAGI, J.D.; BERTOL, R.; CARNEIRO, M.C. Secagem de grãos para unidades centrais de armazenamento. IN: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL. V.M. (Org.). Armazenagem de Grãos. 1 ed. Campinas - SP: Instituto Bio Geneziz (IBG), 2002, v. 1, p. 289-308.

BRASIL. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília, 1992. 365p.

BRENNAN, C.S.; CLEARY, L.J. The potential use of cereal β -glucans as functional food ingredients. Journal of Cereal Science. p. 1-13, 2005.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, tecnologia e Produção. 4ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

CHAUD, S.G.; SGARBIERI, V.C.. Propriedades funcionais (tecnológicas) da parede celular de leveduras da fermentação alcoólica e das frações glicana, manana e glicoproteína *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 26, n. 2, p. 369-379, 2006.

CHEN, C. Factors that effect equilibrium relative humidity of agricultural products. *Transactions of the ASAE*. v.43, n.3, p.673-683, 2000.

DALLEPIANE, L.B. Influência das β -glicanas e amido sobre a viscosidade da aveia (*Avena sativa* L.). Ijuí: Unijuí. 58p. 1997.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor de sementes. *Revista Seed News*, v.6, n.6. 2002.

EKSTRAND, B.; GANGBY, I.; AKESSON, G. Lipase activity in oats – distribution, pH dependence and heat inactivation. *Cereal chemistry*, Saint paul, v.69, n.4, p.379-381, 1992.

ELIAS, M. C. ; MARINI, L. J. ; OLIVEIRA, L. C ; AOSANI, E. ; PRESTES, R. ; GUTKOSKI, L. C. . Effects of air temperature in drying of white oat grains quality. In: 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006, Campinas. *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*, 2006a. p. 1026-1036.

ELIAS. M.C.; SCHIRMER, M.A.; MARINI, L.J. Propriedades e/ou características dos grãos e suas correlações com os processos conservativos e tecnológicos. In *Secagem e armazenamento de grãos, em média e pequena escala*. 3aed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2002, p.26-61.

FIORA, F.A.; PILOSOFF, A.M.R.; BARTHOLOMAY, G.B. Physicochemical properties of soybean proteins related to flow, viscoelástica, mechanical and water-holding characteristics of gel. *Journal of Food Science*, Chicago, v.55, n.1, p. 133-136, 1990.

GLORIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A.B. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 20, n. 2, p. 240-245, 2000.

GROFF, R. Secagem de grãos. *Revista Seed News*, v.6, n.2. 2002.

GUARIENTI, E. Qualidade industrial de trigo. 2ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. Aveia: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Varela, 192p. 2000.

GUTKOSKI, L.C.; EL DASH, A.A. Avaliação da estabilidade hidrolítica em produtos de aveia tratados termicamente. Boletim CEPPA, Curitiba, v.16, n.2, p.171-180, 1998.

GUTKOSKI, L. C.; SIMIONI, D. ; OLIVEIRA, M. ; MENEGHETTI, V. L ; OLIVEIRA, L. C ; ELIAS, M. C. . Drying and storage conditions in white oat grains quality. In: 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, 2006, v. 1, p. 1-13.

GUTKOSKI, L.C.; TROMBETTA, C. Avaliação dos teores de fibra alimentar e de beta-glicanas em cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). Ciência e tecnologia de Alimentos, v.19, n.3, p.387-390, 1999.

HALL, G.M. Methods of Testing protein Functionality. Blackie academic & professional. London, 225p.1996.

HERTER, U.; BURRIS, J.S. Effect of drying rate and temperature on drying injury of corn seed. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, v.69, n.3, p. 763-774, 1989.

JAYAS, D.S.; GOSH, P.K. Preserving quality during grain drying and techniques for measuring grain quality. IN: 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, 2006, p.969-980.

KOLLING, E.M. Recebimento, beneficiamento e secagem de produtos agrícolas. Grãos Brasil - Da semente ao consumo ,ano 6, n.24, 2006.

JUNIOR, P.C.A.; CORRÊA, P.C. Efeitos imediatos e latentes da secagem de sementes de feijão colhidas com diferentes níveis de umidade. Ciência e Agrotecnologia, v.24, p.33-40, 2000.

KAUR, J.; RAMAMURTHY, V.; KOTHARI, R.M. Characterization of oat lipase for lipolysis of rice bran oil. Biotechnology Letters, London, v.15, n.3,p.257-262, 1993.

KNUCKLES, B.E; CHIU, M.M; BETSCHART, A. A; β -glucan enriched fractions from laboratory-scale dry milling and sieving of barley and oats. *Cereal Chemistry*, v. 69, n.2, p. 198-202, 1992.

LINKO, P.; COLONNA, P.; MERCIER, C. HTST extrusion of cereal based materials. In: POMERANZ, Y. *Advances in Cereal science and Technology*. Saint Paul: American association of Cereal chemistry, 1981. v.4, p. 145-235.

MARINI, L.J. Efeitos da temperatura do ar de secagem e relações de intermitência sobre a qualidade de grãos de aveia branca durante o armazenamento, 2004, 71p. (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MARINI, L.J.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C.; MEZZOMO, N. Efeito da secagem intermitente na estabilidade de grãos de aveia branca. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.8, n.3, p. 260-267, 2005.

OLIVEIRA, L. C. ; AOSANI, E. ; PRESTES, R. ; MENEGUETHI, V. L. ; ELIAS, M.C. ; GUTKOSKI, L. C. . Parâmetros operacionais na secagem de grãos de aveia branca. In: XXVI Reunião da comissão brasileira de pesquisa de aveia, 2006, Guarapuava - PR. Resultados experimentais da XXVI Reunião da comissão brasileira de pesquisa de aveia, 2006a, p. 373-375.

OLIVEIRA, L. C.; SIMIONI, D. ; OLIVEIRA, M. ; GUTKOSKI, L. C. ; Elias, M.C. . Influência das condições de armazenamento na qualidade de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.). In: XXVI Reunião da comissão brasileira de pesquisa de aveia, 2006, Guarapuava - PR. Resultados Experimentais da XXVI reunião da comissão brasileira de pesquisa de aveia, v. 26, 2006b, p. 376-378.

PESKE, S.T.; LUCCA, O.A.; BARROS, A.C.S.A. Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos. 2ª. Edição. Ed. UFPel, Pelotas. 2006. 545p.

PICOLLI, L.; SILVA, L. P.; SILVA, L.P.; CIOCCA, M. L. S. Total and insoluble dietary fiber values measured by enzymatic-gravimetric method in cereal grains. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 18, n. 1, p. 113-120, 2005.

RUPOLLO, G. Efeitos da umidade e do sistema de armazenamento na qualidade industrial de grãos de aveia, 2003, 81p. (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SÁ, R.M.; FRANCISCO, A.; OGLIARI, P.J.; BERTOLDI, F.C. Variação no conteúdo de beta-glucanas em cultivares brasileiros de aveia. *Ciência e tecnologia de Alimentos*. v.20, n.1, p.99-102, 2000.

SGARBIERI, V.C. *Proteínas em Alimentos Protéicos: Propriedades, Degradações, Modificações*. São Paulo: Livraria Varela, 1996, 517p.

SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; GUIMARÃES, A.C. Estudos dos métodos de secagem. In: SILVA, J. de S. (ed). *Pré-processamento de Produtos Agrícolas*. 1ed. Juiz de Fora. 1995a, p.105 –143.

SILVA, J.S.; DONZELES, S.M.I.; AFONSO, A.D.I. Qualidade dos grãos. In.: *Pré-processamento de produtos agrícolas*, Juiz de Fora, Instituto Maria. 1995b, 509p.

SIMIONI, D.. Condições de secagem e de armazenamento na manutenção da qualidade industrial de grãos de aveia. 71p, 2005 (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

VILLELA, F. A. Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho, Piracicaba, ESALQ-USP. 1991. 104p. (tese de Doutorado).

WEBER, F.H.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Processo de estabilização de farinha de aveia por imersão das cariopses em água quente. *Brazilian Journal of Food Technology*. V.5, n. 103, p. 225-235, 2002.

WOOD, P. J., et al. Large-scale preparation and properties of oat fractions enriched in (1-3)(1-4)- β -d-glucan. *Cereal Chemistry*, v. 66, n. 2, p. 97-103, 1989.

WOOD, P.J. Aspects of the chemistry and nutritional effects of non-starch polysaccharides of cereal. In: *Developments in carbohydrates chemistry*, ALEXANDER, R.J., ZOBEL, H.F., St. Paul, MN: AACC. 1992, p. 293-314.