

EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM E RELAÇÃO DE INTERMITÊNCIA NA INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA E VISCOSIDADE DE PASTA DE AVEIA

EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND INTERMITTENCE RELATION IN THE ENZYMATIC INACTIVATION AND PASTE VISCOSITY OF OAT

Leonor João Marini¹; Luiz Carlos Gutkoski²; Moacir Cardoso Elias³

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar efeitos da temperatura do ar de secagem e da relação de intermitência (tempo de aquecimento: tempo de descanso) sobre a inativação enzimática e viscosidade de pasta de aveia. Aveia, cultivar UPF 18, produzida no Campo Experimental da Palma da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI), safra agrícola de 2002/2003 foi submetida a secagem em três temperaturas (65 °C, 85 °C, 105 °C) e três relações de intermitência (1:2,5, 1:3,75, 1:5 h:h), em delineamento central composto rotacional aplicável à metodologia de superfície de resposta. Os grãos foram armazenados no sistema convencional e após a instalação dos experimentos avaliado a composição química, atividade residual das enzimas lipase e peroxidase e viscosidade de pasta. A secagem intermitente não provocou inativação enzimática substancial dos grãos de aveia. A viscosidade de pasta da aveia não alterou em função das temperaturas de secagem e das relações de intermitência empregadas. O teor de lipídio afetou as propriedades de pasta produzindo amilogramas com menor viscosidade máxima em comparação com a aveia desengordurada.

Palavras-chave: **Avena sativa**, lipase, peroxidase, gelatinização, aveia desengordurada.

ABSTRACT

The objective of the work was to evaluate the effect of drying air temperature and intermittence relation (heating time: resting time) on the enzymatic inactivation and paste viscosity of oat. Oat, UPF 18 cultivar, produced in the Palma Experimental Field of University of Pelotas (UFPeI), harvest of 2002/2003 was submitted at three drying temperatures (65°C, 85°C, 110°C) and three intermittent relations (1:2.5, 1:3.75, 1:5 h:h), in rotational composed central delineation applicable to the response surface methodology (RSM). The grains were stored in conventional system and after the installation of the experiments, the chemical composition, residual activity of the enzymes lipase and peroxidase enzymes and paste viscosity were evaluated. The intermittent drying did not provoke substantial enzymatic inactivation in oat grains. The pasting viscosity of the oats did not change with drying temperatures and intermittence relation used. The content of lipids changed the properties of paste producing amylogram curve with low maximum viscosity in comparison with defatted oats.

Key words: **Avena sativa**, lipase, peroxidase, gelatinization, defatted oat.

INTRODUÇÃO

A aveia (*Avena sativa* L.) que tem como centro de origem a Ásia e o Oriente Médio passou a ter grande importância no final do século XIX, quando começou a ser utilizada na alimentação humana, na forma de grão processado, e na alimentação animal, como forrageira, e/ou

associada ao uso em cobertura do solo para rotação de culturas e/ou em sistema de semeadura direta (FRANCISCO, 2004). A produção brasileira de aveia na safra 2006/2007 foi de 381000 toneladas sendo destinado um pequeno percentual de grãos de boa qualidade para a produção de farinha, flocos e farelo pelas indústrias de aveia para utilização na alimentação humana (CONAB, 2007).

Secagem adequada, umidade de armazenamento, tempo e condições de armazenamento são os principais fatores que agem sobre a qualidade da aveia, aí incluindo o metabolismo do próprio grão e a ação de microrganismos associados. Assim, o entendimento do comportamento higroscópico dos grãos durante a secagem e o armazenamento permite estabelecer de forma mais apropriada os padrões de conservação (RUPOLLO et al., 2004). Na secagem intermitente o grão é submetido à ação do ar aquecido na câmara de secagem a intervalos regulares de tempo, intercalados com períodos em que não há circulação de ar, quando o grão passa na câmara de repouso, ocorrendo a homogeneização da umidade, pela migração de água do interior para a superfície do grão (ELIAS, 2002; RUPOLLO et al., 2006).

A estabilidade com a resultante manutenção de qualidade e aceitabilidade dos produtos de aveia deve ser buscada nas várias etapas ao longo da cadeia de produção, contudo a ocorrência de instabilidade climática, danificação mecânica e manejo deficiente na pós-colheita levam ao aumento do índice de acidez do grão (GUTKOSKI & EL-DASH, 1999). Grãos de aveia não danificados, armazenados à temperatura ambiente e em umidade abaixo de 12% apresentam pequenas variações nos níveis de acidez do óleo. Porém, maiores valores de umidade e ou temperatura, bem como desagregação parcial ou total do grão são condições suficientes para a ação de enzimas, principalmente a lipase, provocando o aumento de ácidos graxos livres (ZANDERNOSWSKI et al., 1999). A aveia apresenta forte tendência a rancidez devido principalmente as enzimas lipases, produtoras de ácidos graxos livres, os quais, por serem de natureza insaturada, são facilmente oxidados a hidroperóxidos, que, em reações posteriores, se transformam em uma grande variedade de compostos de baixo peso molecular (EKSTRAND et al., 1993).

Para manter o índice de acidez em níveis aceitáveis no grão de aveia é necessário que o manejo pós-colheita seja adequado, podendo ser empregada práticas complementares como a inativação enzimática pela secagem. O monitoramento da intensidade de tratamento térmico é realizado pela determinação de atividade de enzimas residuais, como a lipase ou peroxidase (GUTKOSKI, 2000). Em estudo sobre

¹ Mestrando em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas. Bolsista do CNPq. E-mail: ljmsj@pop.com.br.

² Eng. Agr., Dr., Prof. Titular da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo. CP 611, 99001-970, Passo Fundo, RS. Bolsista CNPq. E-mail: gutkoski@upf.br. Autor para correspondência.

³ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel; Universidade Federal de Pelotas, RS. E-mail: eliasmc@uol.com.br.

secagem de grãos de aveia EKSTRAND et al. (1992) observaram que o emprego de temperaturas acima de 60°C provocou diminuição considerável na atividade residual da lipase. A atividade da peroxidase não foi afetada pelas condições estudadas, mostrando maior estabilidade térmica

Por outro lado, o emprego de temperaturas elevadas na secagem pode afetar as propriedades funcionais do amido. O amido, maior constituinte do endosperma da aveia, apresenta grânulos individuais e irregulares, de configuração poliédrica e tamanho variável entre 3 a 10 micrômetros (PARKER & RING, 2001). É constituído por 18% de amilose e 82% de amilopectina, em média e variações nestes teores também afetam as propriedades funcionais e a utilização da aveia em produtos alimentares (DANIEL et al., 2006). A característica funcional mais importante do amido é seu comportamento em água sob condições variadas de tratamento de calor, denominada viscosidade de pasta. A viscosidade inicial de farinhas cruas é praticamente nula. Ao realizar tratamento térmico o amido gelatiniza, absorve água a frio e, quanto maior o grau de gelatinização, maior será a capacidade de formar uma pasta, gel ou líquido viscoso à temperatura ambiente. O amido gelatinizado caracteriza-se pela ausência de pico de gelatinização, pelo declínio contínuo de viscosidade na temperatura entre 50 e 95°C e pelo aumento progressivo de viscosidade durante o ciclo de resfriamento (RAGAE & ABDEL-AAL, 2006).

O trabalho teve por objetivo avaliar efeitos resultantes da alta temperatura do ar de secagem e da relação de intermitência sobre a inativação enzimática e a viscosidade de pasta de grãos de aveia.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima

Para a realização do trabalho foram utilizados 1680 kg de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L), cultivar UPF 18, produzidos no Campo Experimental da Palma da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), no Município Capão do Leão, RS, safra 2002/2003. As operações de secagem intermitente e armazenamento foram realizadas no laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos do Departamento de Ciência e Tecnologia Industrial – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – UFPEL (DCTA-FAEM-UFPEL).

Método experimental

A colheita da aveia foi realizada com colhedora automotriz na umidade de 23% (base úmida) e a pré-limpeza em máquina de ar e peneiras. A secagem intermitente foi realizada em secador piloto modelo Vitória Laboratório, de câmara cilíndrica e fundo cônico centrado com diâmetro de 43 cm, altura da camada de secagem de 32 cm, altura da camada de equalização de 82 cm e altura do funil de 35 cm. Os parâmetros operacionais do secador foram capacidade estática da câmara de secagem 30 kg, capacidade estática da câmara de equalização 180 kg, capacidade estática total 210 kg, capacidade do elevador 752 kg h⁻¹ e velocidade do ar de secagem de 0,72 m s⁻¹. Os grãos foram secos até a umidade de 13% (base úmida), em tempos variando entre 4 horas e 40 minutos e 12 horas, em função das condições experimentais de cada tratamento e armazenados em sistema convencional pelo uso de sacos de polipropileno de 40 kg por doze meses. O grau de umidade de colheita e de secagem dos grãos foi determinado por aparelho de condutividade dielétrica. A temperatura do ar de secagem foi determinada por termostato, colocado na entrada câmara de secagem e as temperaturas

média e máxima da massa de grãos pelo uso de termômetro de mercúrio medido após o equilíbrio térmico de grãos acondicionados em recipiente hermético.

O delineamento central composto rotacional aplicável à metodologia de superfície de resposta (BOX & DRAPER, 1987) foi utilizado com a finalidade de estudar o efeito combinado das variáveis temperatura do ar de secagem (65 °C, 85 °C, 105 °C) e relação de intermitência (1:2,5, 1:3,75, 1:5 h:h) na estabilidade de grãos de aveia, estabelecidas em três níveis (Tabela 1).

Tabela 1- Delineamento experimental composto rotacional para duas variáveis e três níveis utilizado no experimento de secagem.

Experimento	Variáveis e níveis de variação	
	Temperatura (°C) de secagem	Relação de intermitência (RI)
S1	65 (-1)	1:2,5 (-1)
S2	105 (+1)	1:2,5 (+1)
S3	65 (-1)	1:5,0 (+1)
S4	105 (+1)	1:5,0 (+1)
S5	85 (0)	1:3,7 (0)
S6	85 (0)	1:3,7 (0)
S7	85 (0)	1:3,7 (0)
S8	35	-

As variáveis e os níveis de variação foram estabelecidos de acordo com dados de revisão bibliográfica e resultados obtidos em testes preliminares. No experimento foram empregados sete tratamentos, sendo quatro fatoriais (combinam os níveis -1 e +1) e três no ponto central (as duas variáveis no nível 0). O tratamento S8 correspondeu a uma secagem estacionária realizada em camada delgada (1,0 m) em silo-secador protótipo, medindo 0,8 m de diâmetro por 1,1 m de altura com fluxo de ar axial, em velocidade constante de 0,1 m s⁻¹, sendo utilizado como testemunha.

As variáveis respostas (y) avaliadas foram umidade, proteína bruta, lipídios, cinzas, carboidratos, viscosidade de pasta, atividade residual das enzimas lipase e peroxidase. As análises físico-químicas foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da FAEM-UFPEL e no laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação da Universidade de Passo Fundo (UPF). Amostras de grãos de aveia de cada um dos tratamentos foram descascadas em descascador de impacto marca Imack e as cariopses moídas, em moinho de martelo de laboratório marca Perten, modelo 3100 e peneira de abertura de 0,5 mm. As farinhas foram armazenadas em temperatura de -21°C até a realização das análises. Para as farinhas desengorduradas, os lipídios foram extraídos em aparelho Soxhlet e o uso de solvente hexano. O solvente foi separado da amostra por evaporação em estufa a 40°C. Para a determinação da composição química foi utilizada aveia em casca dos tratamentos do ponto central e realizado a moagem nas mesmas condições descritas acima.

Análises

Os conteúdos de umidade, proteína bruta, lipídios e cinzas foram determinados de acordo com os métodos preconizados pela AACC (1995), números 44-15A, 46-13, 30-20 e 08-01, respectivamente. Para a determinação de proteína bruta usou-se o fator 6,25. O teor de carboidratos totais (fibras + amido + açúcares) foi obtido por diferença. Os resultados das análises realizadas em triplicata foram expressos em porcentagem e em base úmida.

A atividade residual da enzima lipase foi determinada de acordo com a metodologia proposta por KAUR et al. (1993) e os resultados expressos em porcentagem de hidrólise com base no índice de saponificação do substrato.

Para a determinação da atividade residual da peroxidase seguiu-se o procedimento descrito por EKSTRAND et al. (1993). Uma atividade de peroxidase correspondeu ao aumento de 0,001 na absorbância a 420 nm min⁻¹g de amostra.

A viscosidade de pasta foi determinada no Rapid Visco Analyser- RVA (Newport Scientific Instruments), Sidney, Austrália. As farinhas nativas e desengorduradas foram suspensas em 25 mL de água, na massa de 3,5 g, totalizando 14% de sólidos. O recipiente de alumínio contendo a amostra foi colocado no equipamento e submetido à análise pelo método padrão 1, utilizando o tempo de 13 minutos, temperatura de aquecimento de 50°C a 95°C e resfriamento até 50°C. Os parâmetros medidos foram temperatura de pasta, viscosidade máxima a 95°C, quebra (unidades viscoamilográficas) e viscosidade final a 50°C, sendo os ensaios realizados em duplicata.

A análise estatística dos resultados foi realizada pelo emprego da análise de variância (teste F). Nos modelos significativos a 5% de probabilidade de erro as equações de regressão das variáveis respostas foram utilizadas para a elaboração dos gráficos tridimensionais através do uso do pacote Statistica for Windows 5,0[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão representados os valores de temperatura máxima e média da massa durante a secagem intermitente de grãos de aveia branca da cultivar UPF 18, em seis condições de secagem.

Observa-se que embora as temperaturas médias da massa de grãos não tenham ultrapassado os 45°C nos experimentos estudados, observa-se que nas secagens S2 e S4 a temperatura máxima atingida pela massa de grãos foi de 48 e 52°C, respectivamente, o que provavelmente possa provocar alterações na atividade enzimática residual e viscosidade de pasta. As secagens S1, S3 e S5 formam um mesmo gradiente de secagem apesar de utilizarem temperaturas e relações de intermitência distintas, o que demonstra que o sistema intermitente uniformiza a temperatura da massa de grãos quando o ar de secagem não apresentar diferenças muito elevadas de temperatura. Comportamento similar ocorreu nas secagens S2 e S4, em que foi utilizado a mesma temperatura formando gradientes muito semelhantes, apesar da utilização de diferentes relações de intermitência.

O teor de cinzas está um pouco acima dos valores encontrados por PEDÓ & SGARBIERI (1997), que obtiveram 2,0%, pois este material foi analisado com casca. Já para carboidratos, verificou-se teores mais elevados em comparação com a literatura, justificado pela presença de cascas, que contém alto teor de fibra. Entre estes compostos, o amido é o principal representante, com valores variando entre 38 e 42% (RAGAE & ABDEL-AAL, 2006). Além de amido a fração fibra ocupa destaque na aveia pelas propriedades hipocolesterolêmicas e hipoglicêmicas, estando presente em altas concentrações, especialmente neste material devido a presença da casca. Estes teores são importantes especialmente na formulação de rações e utilização para a alimentação animal, pois para consumo humano, apesar de aveia ser utilizada na forma integral, a

retirada da casca é uma operação obrigatória (FUJITA & FIGUEROA, 2003).

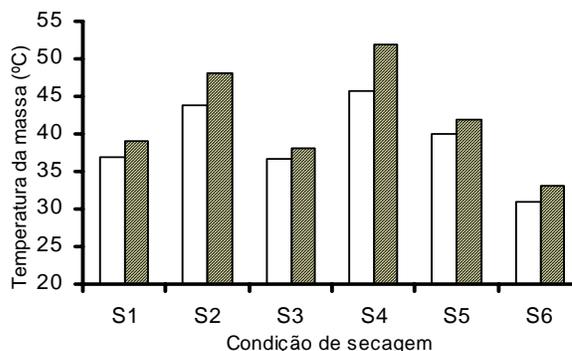


Figura 1- Temperaturas média (□) e máxima (▨) da massa de grãos de aveia da cultivar UPF 18, submetidos à secagem intermitente em diferentes condições de temperaturas do ar e relação de intermitência (S1: 65°C/1:2,5 RI; S2: 105°C/1:2,5 RI; S3: 65°C/1:5,0 RI; S4: 105°C/1:5,0 RI; S5: 85°C/1:3,75 RI; S6: 35°C/estacionária).

Os teores de proteína bruta e lipídios (Tabela 2) estão de acordo com os valores obtidos por PEDÓ & SGARBIERI (1997), que em estudo de quatro cultivares de aveia encontraram valores médios de 15,0% para proteínas e 7,2 a 7,5% para lipídios. WEBER et al. (2002b) e RUPOLLO et al. (2004), estudando essa mesma cultivar, encontraram, respectivamente, 15,1% e 14,9% para proteína bruta e 7,0% e 6,8% para lipídios. Em estudo de 25 genótipos de aveia cultivados em diferentes ambientes do sul do Brasil com relação ao conteúdo de proteínas, os valores variaram entre 12,7% e 16,9% (MILACH et al., 2000).

Tabela 2 - Composição química de grãos de aveia com casca da cultivar UPF 18.

Constituintes	Quantidade (%) ¹
Proteína bruta (N x 6,25)	15,10 ± 0,11
Lipídios	6,90 ± 0,01
Cinzas	2,10 ± 0,06
Carboidratos (amido, fibras e açúcares)	63,20 ± 0,09
Amido	41,00 ± 0,01

¹ Resultados representam a média de três repetições.

Com o aumento da temperatura de secagem ocorreu diminuição da atividade residual de lipase (Figura 2a), mostrando que a intensidade de calor utilizada nos experimentos de secagem intermitente afetou a viabilidade enzimática, apesar de a temperatura máxima da massa de grãos durante a secagem não ter ultrapassado 50°C. Os valores de hidrólise variaram entre 17,36% e 23,05%, sendo o menor valor referente ao tratamento com maior temperatura e maior relação de intermitência (105 ± 5°C, 1:5), e o maior valor ao tratamento com menor temperatura e maior relação de intermitência (65 ± 5 °C e 1:5). Os tratamentos que usaram temperatura de 105 ± 5°C (S2 e S4), não apresentaram diferenças significativas, demonstrando que a relação de intermitência não influenciou na inativação da lipase.

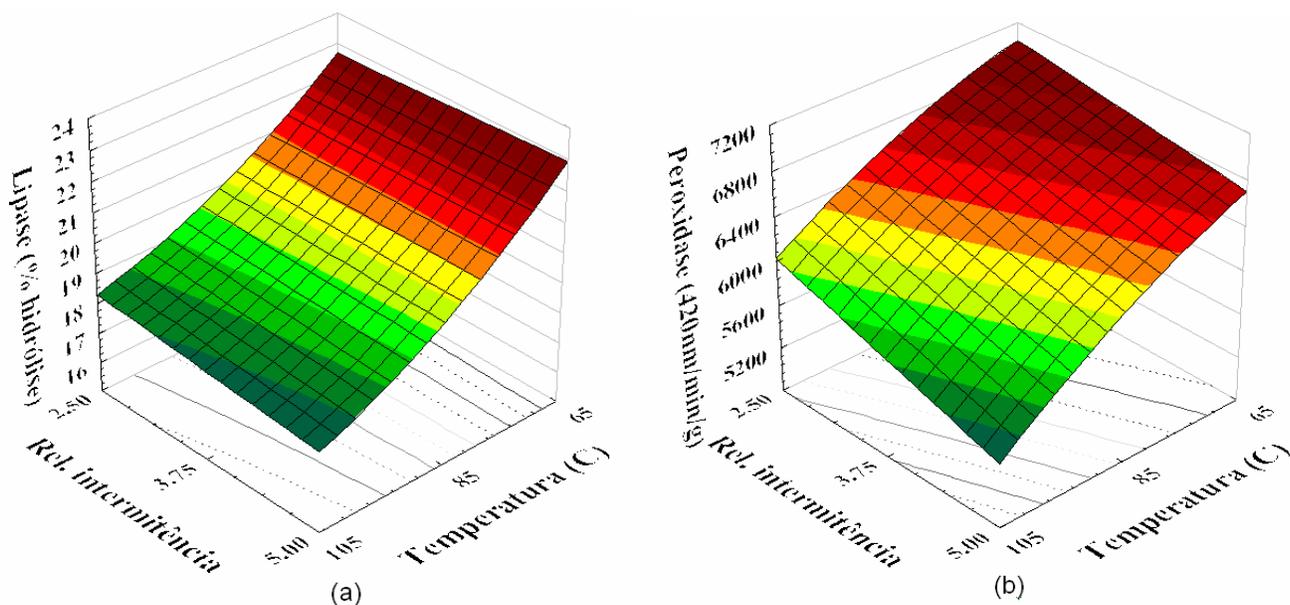


Figura 2 - Efeito da relação de intermitência e da temperatura de secagem na atividade residual das enzimas lipase (a) e peroxidase (b).

EKSTRAND et al. (1992) observaram decréscimo na atividade de lipase com secagem a partir de 60°C, e no mesmo trabalho não foram verificadas reduções na atividade residual de peroxidase, demonstrando que esta possui maior estabilidade térmica. WEBER et al. (2002a), avaliando efeito do tempo de imersão e temperatura da água, observaram diminuição drástica nos valores de atividade lipase nos tratamentos com maior tempo de imersão e temperatura mais elevada. A lipase é uma enzima termolábil e muito mais sensível ao calor úmido. EKSTRAND et al. (1992), estudando atividade de lipase em aveia, verificaram que após o tratamento a vapor a atividade residual da enzima desapareceu, permanecendo ativa na aveia que sofreu apenas secagem.

A atividade de peroxidase diminui com o aumento do calor, porém os valores ainda permaneceram elevados indicando que a enzima não foi inativada (Figura 2b). Os valores variaram entre 5024 e 7008 (abs a 420 nm min⁻¹g, sendo o menor valor correspondente ao tratamento que utilizou maior temperatura e maior relação de intermitência (105 ± 5°C, 1:5,0). A peroxidase é uma enzima termoestável, por isso as temperaturas utilizadas não reduziram sua atividade de forma a inativá-la. Os valores encontrados estão de acordo com WEBER et al. (2002a), que avaliando o efeito do tempo e da temperatura de imersão não observaram 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 min. Apesar de os modelos de regressão serem significativos, em nenhum dos tratamentos houve redução na atividade das duas enzimas que pudesse representar inibição na degradação de lipídios. Por outro lado, os resultados de atividade residual das enzimas lipase e peroxidase indicam que a secagem intermitente em altas temperaturas afetou as propriedades funcionais da aveia.

Os viscoamilogramas da farinha de aveia

desengordurada e não desengordurada em função das temperaturas de secagem e relação de intermitência estão apresentados na Figura 3. A temperatura de pasta, ou seja a temperatura em °C que corresponde ao ponto onde inicia a formação de curva no gráfico não apresentou diferença entre os experimentos de secagem, bem como com a presença ou ausência de lipídios nas amostras. Para viscosidade máxima à temperatura constante e viscosidade final também não se verificou efeito da temperatura de secagem e da relação de intermitência, porém os viscoamilogramas apresentaram comportamento diferenciado quanto a presença de lipídios.

Os amilogramas demonstram a existência de grânulos intactos nas amostras analisadas devido a ocorrência de pico de gelatinização na faixa entre 60 e 75°C, em consequência do entumescimento provocado pelo aquecimento do amido em excesso de água. A viscosidade, gelatinização e retrogradação fornecem informações importantes para a indústria de amidos e a elaboração de produtos alimentares. Farinha de aveia apresenta menor retrogradação do que milho, trigo ou arroz. O amido de aveia também tem um poder mais alto de inchamento e solubilidade. Estes parâmetros contribuem para aumentar a viscosidade da dispersão cozida (RAGAE & ABDEL-AAL, 2006).

A aveia descascada e desengordurada apresentou maior pico de viscosidade e menor viscosidade final em relação a descascada e não desengordurada. O teor de lipídios presente na farinha de aveia apresenta um papel importante no comportamento de viscosidade de pasta. Muitas explicações têm sido dadas para esse efeito, como a formação de um complexo entre amilose e lipídios, envolvendo a estrutura da hélice de amilose. Outra teoria atribui a alteração aos lipídios, que cobrindo parte dos grânulos de amido, reduzem sua capacidade de absorção de água (HOSENEY, 1991). Segundo GHIASI et al. (1982), os dois fenômenos podem ocorrer simultaneamente nos grânulos de amido.

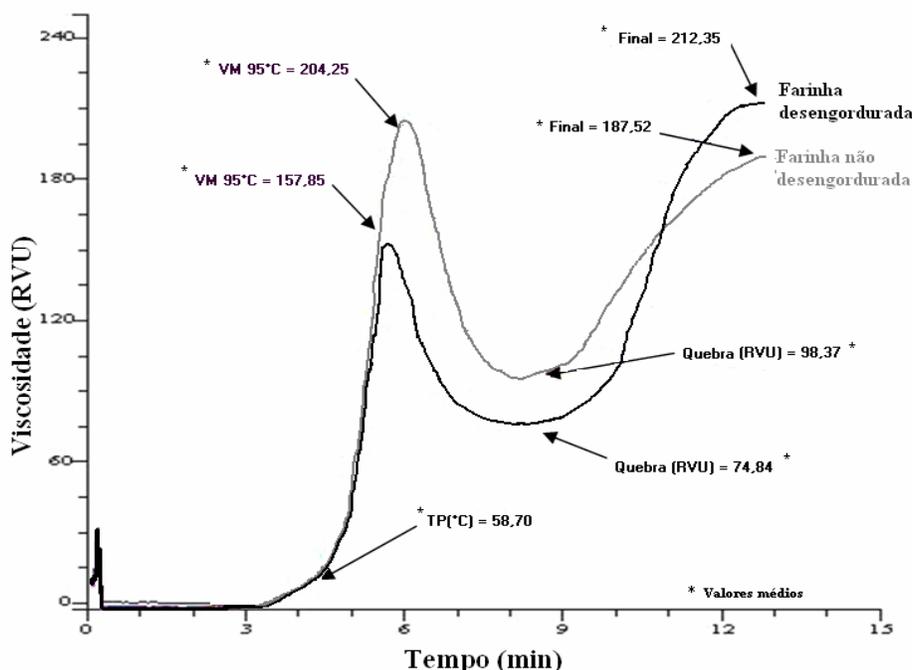


Figura 3 - Viscosidade de pasta (RVU) da farinha de aveia da cultivar UPF 18, desengordurada e não desengordurada, submetidos a secagem intermitente sob diferentes condições de temperaturas do ar e relação de intermitência (S1: 65°C/1:2,5 RI; S2: 105°C/1:2,5 RI; S3: 65°C/1:5,0 RI; S4: 105°C/1:5,0 RI; S5: 85°C/1:3,75 RI; S6: 35°C/estacionária).

CONCLUSÕES

A Secagem intermitente, mesmo quando com temperaturas do ar de $105 \pm 5^\circ\text{C}$, não provocou inativação enzimática em grãos de aveia, apesar de a enzima lipase ter apresentado redução com o aumento da temperatura de secagem.

A característica funcional viscosidade de pasta da aveia não alterou em função das temperaturas de secagem e das relações de intermitência empregadas.

O conteúdo de lipídios presente na aveia afetou as propriedades de pasta produzindo amilogramas com menor viscosidade máxima em comparação com a aveia desengordurada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – MCT/CNPq, pelo auxílio financeiro ao projeto. À Capes pela bolsa de mestrado e ao CNPq pela bolsa produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AACC- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9.ed. Saint Paul: AACC, 1995. v.2.
- BOX, G.P.; DRAPER, N, R. **Empirical model-building and response surfaces**. New York: John Willey & Sons, 1987. 669p.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Levantamento de safra 2006/2007. Brasília: CONAB, 2007. Disponível em: <<http://www.conab.br>>. Acesso em: 9 de abr. 2007.
- DANIEL, A.P.; BOCHI, V.C.; STEFFENS, C. et al. Fracionamento a seco da farinha de aveia e modificação química da fração rica em amido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.4, p.936-943, 2006.
- 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.
- EKSTRAND, B.; GANGBY, I.; AKESSON, G. et al. Lipase activity and development of rancidity in oats and oat products related to heat treatment during processing. **Journal of Cereal Science**, New York, v.17, n.3, p.247-254, 1993.
- ELIAS, M.C. Fatores que influenciam a aeração e o manejo da conservação de grãos. In: LORINI, I.; MIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. (Eds.) **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. cap.6. p.311-359.
- FRANCISCO, A. de, Aveia como alimento funcional. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 24., 2004, Pelotas, **Palestras...** Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPel, 2004. p.62-72.
- FUJITA, A.H.; FIGUEROA, A.O.R. Composição centesimal e teor de β -glucanas em cereais e derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.116-120, 2003.
- GHIASI, K.; VARRIANO-MARSTON, E.; HOSENEY, R.C. Gelatinization of wheat starch. II. Starch-surfactant interaction. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.59, n.2, p.86-88, 1982.
- 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. Estabilidade de produtos de aveia. In: GUTKOSKI, L.C.; PEDÓ, I. (Eds.) **Aveia- composição química, valor nutricional e processamento**. São Paulo: Varela, 2000. cap.5. p.111-140.

- HOSENEY, R.C. Procesamiento de arroz, avena y cebada. In: **Principios de ciencia y tecnologia de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p.
- 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.
- MILACH, S.C.K.; TISIAN, L.M.; WEILER, R. et al. Conteúdo de proteína em genótipos de aveia cultivados em diferentes ambientes do sul do Brasil, In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPel, 2000. p. 141-143.
- PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, Saint Paul, v.34, n.1, p.1-17, 2001.
- 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.
- RAGAE, S.; ABDEL-AAL, E.M. Pasting properties of starch and protein in select cereals and quality of their food products. **Food Chemistry**, London, v.75, n.1, p.9-18, 2006.
- RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARINI, L.J. Sistemas de armazenamento hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1715-1722, 2004.
- RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARTINS, I.R. et al. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.1, p. 118-125, 2006.
- WEBER, F.; 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**, Campinas, v.5, n.103, p.225-235, 2002a.
- 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, 2002b.
- ZANDERNOWSKI, R.; POLAKOWSKA, H.N.; RASHEDA, A.A. The influence of heat treatment on the activity of lipo and hidrofílic components of oat grain. **Journal of Food Processing and Preservation**, Oxford, v.23, n.1, p.177-191, 1999.