

Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotêrmicamente

Resistant starch and texture profile of rice starches with different levels amylose treated hydrothermally

Autores | Authors

✉ **Elessandra da Rosa ZAVAREZE**

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Departamento de Ciência e Tecnologia
Agroindustrial
Caixa Postal: 35
CEP: 96010-900
Pelotas/RS - Brasil
e-mail: elessandrad@yahoo.com.br

**Juliane Mascarenhas PEREIRA
Fernanda Aline de MOURA
Franciela SPIER**

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Departamento de Ciência e Tecnologia
Agroindustrial
e-mail: juliane_mascarenhas@yahoo.com.br
fefelinem@yahoo.com.br
franciela@ibest.com.br

Elizabeth HELBIG

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Departamento de Nutrição
e-mail: helbignt@gmail.com

Alvaro Renato Guerra DIAS

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Departamento de Ciência e Tecnologia
Agroindustrial
e-mail: argd@zipmail.com.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tratamento hidrotérmico por *annealing* sobre o teor de amido resistente e também o perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose. A modificação hidrotérmica dos amidos de arroz consistiu-se em tratar as amostras com excesso de água em banho-maria durante 16 h em temperaturas de 45, 50 e 55 °C. Os amidos modificados por *annealing* apresentaram maior teor de amido resistente quando comparados aos nativos; no entanto, não ocorreu diferença significativa entre os amidos tratados com diferentes temperaturas. O amido de alta amilose apresentou maior dureza, flexibilidade e gomosidade de gel e menor coesividade de gel em comparação aos amidos de média e de baixa amilose. O *annealing* também aumentou a dureza e a gomosidade de gel dos amidos de médio e alto teor de amilose.

Palavras-chave: *Annealing; Modificação física; Dureza de gel.*

Summary

The objective of this research was to determine the influence of annealing on the resistant starch content and gel texture of the rice starches with different amylose contents. For hydrothermal modification of the rice starches, the samples were treated with excess water in a water bath for 16 hours in temperatures of 45, 50 and 55 °C. The annealed starches presented higher resistant starch content compared to the native starch, but there was no significant difference between the starches treated with different temperatures. The high amylose rice starch showed higher gel hardness, springiness and gummosis and smaller gel cohesiveness as compared with the medium and low amylose starches. The annealing also increased the gel hardness and gummosis of the medium and high amylose starches.

Key words: *Annealing; Physical modification; Gel hardness.*

Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotérmicamente

ZAVAREZE, E. R. et al.

1 Introdução

O amido é o maior componente dos grãos de arroz e é um importante ingrediente funcional na preparação de alimentos. O amido de arroz possui algumas características especiais, tais como pequeno tamanho dos grânulos e ampla faixa de teor de amilose, o que possibilita múltiplas aplicações industriais, podendo ser aumentada por modificação em sua estrutura (ZHONG et al., 2009).

Os amidos nativos são comumente modificados por processos físicos, químicos, enzimáticos ou por meios genéticos, para promover propriedades funcionais específicas. Os amidos modificados são produzidos visando obter propriedades funcionais não encontradas nos amidos nativos que atendam a aplicações específicas em diversos segmentos industriais, aumentando o valor agregado dos mesmos. Existe uma grande vantagem no uso de modificações físicas sobre as químicas, pois os amidos modificados por processo físico não são limitados pela legislação quanto às quantidades utilizadas, sendo considerados como ingrediente, uma vez que não são utilizados reagentes químicos na produção, que poderiam causar efeitos alérgicos (BEMILLER, 1997). Apesar da vantagem dos amidos modificados fisicamente, são poucos os relatos de literatura sobre modificações físicas e existe um número muito maior de pesquisas e patentes com modificações químicas.

O *annealing* é uma modificação física, no qual uma suspensão de amido é submetida à temperatura superior à de transição vítrea e ligeiramente inferior à temperatura de gelatinização, em excesso de água por um período de tempo que pode variar de 5 a 168 h (JACOBS e DELCOUR, 1998; GOMES et al., 2005; JAYAKODY e HOOVER, 2008). Segundo Kiseleva et al. (2004), existem alguns conceitos para explicar o mecanismo de *annealing*, que, em geral, está baseado em quatro fenômenos: 1) alterações das regiões cristalinas, principalmente na conversão do padrão de cristalinidade, representando uma estrutura cristalina energeticamente mais estável; 2) mudanças nas regiões amorfas, especificamente na conversão da amilose amorfa para a forma de estrutura helicoidal, aumentando a rigidez e reduzindo a mobilidade dos cristais; 3) aumento da cristalinidade do amido, devido ao aumento da cristalização e à recristalização ou ao aumento do número de duplas hélices; e 4) alongamento da dupla hélice da amilopectina, sem aumento no número de moléculas de glicose.

O tratamento hidrotérmico, tal como o *annealing*, pode aumentar o conteúdo de amido resistente de amidos (KURAKAKE et al., 1996; JACOBS e DELCOUR, 1998) e seu efeito varia em função do teor de amilose e das condições de tratamento hidrotérmico. Jayakody e Hoover (2008) relatam que o amido resistente pode ser incorporado em alimentos sem alterar a aparência e a

textura, devido ao seu sabor suave e à sua cor branca, podendo ser utilizado como um substituto de gordura ou para aumentar o teor de fibra alimentar. O amido resistente é representado pela fração não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentado no intestino grosso; suas propriedades são similares às da fibra alimentar, apresenta efeito prebiótico e atua no metabolismo lipídico, reduzindo o colesterol e o risco de colite ulcerativa e câncer de cólon (WALTER et al., 2005).

A formação de amido resistente geralmente envolve uma hidrólise parcial ácida e tratamentos hidrotérmicos, aquecimento, retrogradação, extrusão e modificação química. As quatro classes distintas de amido resistente (AR) em alimentos são: tipo 1- amido fisicamente inacessível na matriz do alimento, presente em grãos inteiros ou parcialmente moídos de cereais e leguminosas; tipo 2- alguns tipos de grânulos de amido nativo, como banana, batata e amido de milho com alto teor de amilose; tipo 3- amido retrogradado, produzido quando o amido é resfriado após a gelatinização, e tipo 4- amidos que são modificados quimicamente para se obter a resistência à digestão enzimática, como alguns éteres de amido e ésteres de amido (RATNAYAKE e JACKSON, 2008; SANZ et al., 2009; FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da modificação hidrotérmica por *annealing* sobre o teor de amido resistente e o perfil de textura de gel de amidos de arroz de diferentes níveis de amilose.

2 Material e métodos

2.1 Material

Foram utilizados grãos de arroz das cultivares de alta amilose (IRGA 417), média amilose (Sasanishiki) e de baixa amilose (Motti). As amostras foram descascadas e polidas em engenho de provas e moídas para a obtenção da farinha.

2.2 Extração do amido de arroz

A extração de amido foi baseada no método descrito por Wang e Wang (2004), com algumas modificações. A farinha de arroz foi adicionada de solução de NaOH 0,1% na proporção de 1:2 e deixada em repouso durante 18 h. Em seguida, a dispersão foi submetida à agitação vigorosa em blender durante dois min. O material resultante foi passado por peneira de 63 µm e centrifugado a 1200 g durante cinco min. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi ressuspenso em solução de NaOH 0,1% e centrifugado novamente, sendo a operação realizada duas vezes. O amido extraído foi disperso com água destilada e neutralizado com HCl 1M até pH 6,5 e centrifugado. O material sedimentado foi

Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotermicamente

ZAVAREZE, E. R. et al.

suspensão em água destilada e centrifugado, operação esta repetida duas vezes. O amido resultante foi seco em estufa com circulação de ar a 40 °C até 11% ± 0,5 de umidade.

2.3 Tratamento hidrotérmico por *annealing*

As amostras de amido de arroz foram tratadas com excesso de água (1:9 amido/água) em banho-maria durante 16 h em temperaturas de 45, 50 e 55 °C, segundo método de Horndok e Noomhorm (2007). Após tratamento térmico, a suspensão de amido e água foi centrifugada, o amido foi lavado com água e centrifugado novamente, para posterior secagem em estufa a 40 °C.

2.4 Teor de amido resistente

O teor de amido resistente (AR) foi determinado de acordo com o método da AOAC 996.11 (CUNNIFF, 1995) modificado por Walter et al. (2005), que recomenda a utilização de maior quantidade de amostra (300 mg em vez de 100 mg), tampão fosfato pH 6,8, em vez de MOPS (ácido 4-morfolino propano sulfônico), pH 7,0, e proteólise durante o processo de digestão. As enzimas utilizadas para determinação de amido disponível e resistente foram α -amilase termoestável (Termamyl 2X) produzida pela Novozymes Latin American Limited (Araucária/Brasil), amiloglicosidase (A9913) produzida pela Sigma, e protease fornecida pela Granotec.

Foram pesados 300 mg de amostra, que recebeu a adição de etanol aquoso 80%, sendo submetida à hidrólise com 0,1 mL de α -amilase termoestável, em tampão fosfato pH 6,8 e incubada a 95 °C por 5 min; à hidrólise com 0,1 mL de protease, em tampão fosfato pH 6,8 e incubada a 55 °C por 30 min, e à hidrólise com 0,1 mL de amiloglicosidase, em tampão acetato de sódio 0,2 M, pH 4,5 e incubada a 50 °C por 30 min. As amostras foram centrifugadas e o resíduo foi lavado com solução tampão acetato de sódio 0,05M, pH 4,5, e centrifugado novamente. Após a lavagem do resíduo, foram adicionados 2 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) (95 °C por 5 min), e novamente submetido à hidrólise com α -amilase e amiloglicosidase nas condições de reação anteriormente mencionadas. As amostras foram centrifugadas e o sobrenadante foi transferido para balão volumétrico de 10 mL, sendo o volume completado com água destilada e homogeneizado. Uma alíquota da suspensão dos balões foi transferida para tubo de ensaio, sendo adicionado reagente glicose-oxidase-peroxidase (Glicose PAP Liquiform, da Labtest) para determinar a glicose liberada durante a hidrólise do amido. Em seguida, os tubos foram incubados a 37 °C por 15 min e as amostras lidas em espectrofotômetro a 505 nm. O conteúdo de AR foi calculado multiplicando o resultado final de glicose por 0,9, para converter glicose livre em

amido, e apresentado como percentagem na matéria seca.

2.5 Perfil de textura de gel

O perfil de textura de gel dos amidos foi avaliado em Texturômetro (Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems). A mistura gelatinizada, após análise em RVA (Rapid Visco Analyser), foi selada com parafilme para prevenir a perda de umidade e armazenada em temperatura ambiente (20 °C) durante 48 h. A textura do gel foi determinada segundo método descrito por Horndok e Noomhorm (2007), com algumas modificações. Os géis foram perfurados a 1,0 mm.s⁻¹ até uma distância de 10,0 mm, usando probe de aço inoxidável (P/20, 20 mm de diâmetro). Foram avaliadas dureza, flexibilidade, coesividade e gomosidade dos géis de amido.

A dureza é expressa pela força máxima para comprimir a amostra na primeira compressão. A flexibilidade é medida pela altura que a amostra recupera durante o tempo que decorre entre o final da primeira compressão e o início da segunda. A coesividade é calculada como a razão entre a área do segundo pico pela área do primeiro pico. A gomosidade é obtida pela multiplicação da dureza pela coesividade.

2.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey no nível de 5% de significância.

3 Resultados e discussão

3.1 Teor de amido resistente

Na Tabela 1, está apresentado o teor de amido resistente dos amidos de arroz submetidos ao *annealing* em diferentes temperaturas.

O *annealing* é uma modificação física que altera as propriedades físico-químicas do amido. Neste processo, a temperatura inicial de gelatinização não deve ser excedida; portanto, não ocorrem mudanças na estrutura

Tabela 1. Teor de amido resistente de amidos de arroz submetidos ao *annealing* em diferentes temperaturas.

Tratamento	Amido resistente (%) b.s.*		
	Alta amilose	Média amilose	Baixa amilose
Nativo	1,06 ^{bA}	1,00 ^{bA}	1,10 ^{aA}
ANN 45°C	2,08 ^{aA}	1,37 ^{aB}	1,40 ^{aB}
ANN 50°C	2,30 ^{aA}	1,31 ^{aB}	1,36 ^{aB}
ANN 55°C	2,23 ^{aA}	1,31 ^{aB}	1,18 ^{aB}

*Letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, e letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, diferem estatisticamente (p < 0,05). ANN: *annealing*.

Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotermicamente

ZAVAREZE, E. R. et al.

molecular decorrente do processo de gelatinização. Esta modificação torna o grânulo de amido mais organizado e mais estável, fortalecendo as ligações entre as moléculas de amilose e amilopectina. Analisando a Tabela 1, pode-se observar que o *annealing* aumentou o teor de amido resistente para os amidos de alta e de média amilose, sendo que não houve diferença significativa entre os tratamentos com diferentes temperaturas de *annealing*. Entre os amidos nativos, não houve diferença significativa no teor de amido resistente; no entanto, quando submetidos ao *annealing* em diferentes temperaturas, o amido de alta amilose apresentou maior teor de amido resistente em comparação aos amidos de média e de baixa amilose.

Brumovsky e Thompson (2001) estudaram o efeito do *annealing* em amido de milho de alta amilose sob temperaturas de 50, 60 e 70 °C e relataram que apenas no amido submetido a 70°C ocorreu aumento no teor de amido resistente, apresentando 28,1%, em relação ao nativo, que apresentou 18,4%. Estudo realizado por Pomeranz (1992), sugere que o teor de amido resistente encontra-se relacionado a gelatinização e retrogradação, embora seu teor nos alimentos dependa do tipo de processamento, da relação amilose/amilopectina, do tempo e da temperatura de armazenamento, e da quantidade de água empregada no processamento. No entanto, a alteração do teor de amido resistente promovida pelo *annealing* não está relacionada a gelatinização e retrogradação, pois o amido submetido ao *annealing* não sofre gelatinização; portanto, essas mudanças no teor de amido resistente estão associadas às alterações estruturais, tais como reorganização molecular e modificação na cristalinidade do amido.

Chung et al. (2010) encontraram uma redução no conteúdo de amido resistente de amidos de ervilha e lentilha submetidas ao *annealing*, em comparação com os amidos nativos, e relataram que a organização

cristalina e as interações amilose-amilose e/ou amilose-amilopectina deveriam, teoricamente, aumentar o nível de amido resistente. No entanto, o aumento da porosidade do grânulo submetido ao *annealing* pode anular o efeito da organização cristalina e das interações das cadeias de amido na susceptibilidade enzimática. Portanto, o efeito do *annealing* sobre o teor de amido resistente é dependente da fonte do amido, do teor de amilose e das condições de tratamento.

3.2 Perfil de textura de gel

Na Tabela 2, estão apresentados os parâmetros de textura (dureza, flexibilidade, coesividade e gomosidade) dos géis de amido de arroz submetidos ao *annealing* em diferentes temperaturas. As propriedades de textura dos géis dependem dos constituintes do amido, da amilose, do volume e da deformação dos grânulos, e da interação entre as fases contínuas e dispersas (CHOI e KERR, 2003). A dureza de gel é, principalmente, causada pela retrogradação do amido, que é associada à perda de água (sinérese) e à cristalização da amilopectina, tornando o gel mais duro (SANDHU e SINGH, 2007). A flexibilidade corresponde à capacidade do gel em retornar ao seu estado original após compressão e a coesividade é a força simulada para romper as ligações internas do gel (KALVIAINEN et al., 2000).

O *annealing* causa um rearranjo das moléculas de amido, resultando na redução do poder de inchamento e da solubilidade; essa redução da fração do volume de gel promove um aumento na dureza de gel (CHUNG et al., 2000).

O amido de arroz nativo de alta amilose apresentou maior dureza, flexibilidade e gomosidade e menor coesividade em comparação aos amidos nativos de média e de baixa amilose. Vesterinen et al. (2002) e Weber et al. (2008) obtiveram resultados semelhantes aos

Tabela 2. Textura de gel dos amidos de arroz de alta, média e baixa amilose submetidos ao *annealing*.

Textura de gel*	Amilose	Nativo	ANN 45 °C	ANN 50 °C	ANN 55 °C
Dureza (g)	Alta	491,23 ^{aC}	639,85 ^{aB}	572,66 ^{aBC}	780,36 ^{aA}
	Média	151,47 ^{bC}	186,16 ^{bA}	151,37 ^{bB}	169,68 ^{bB}
	Baixa	44,07 ^{cA}	40,75 ^{cA}	31,59 ^{cB}	34,77 ^{cB}
Flexibilidade (mm)	Alta	0,97 ^{aB}	0,98 ^{aB}	0,99 ^{aB}	1,15 ^{aA}
	Média	0,91 ^{bAB}	0,91 ^{bAB}	0,89 ^{cB}	0,93 ^{bA}
	Baixa	0,96 ^{aA}	0,93 ^{bA}	0,93 ^{bA}	0,96 ^{bA}
Coesividade	Alta	0,55 ^{cA}	0,52 ^{cA}	0,47 ^{cA}	0,55 ^{cA}
	Média	0,63 ^{bA}	0,63 ^{bA}	0,63 ^{bA}	0,63 ^{bA}
	Baixa	0,81 ^{aA}	0,79 ^{aA}	0,79 ^{aA}	0,78 ^{aA}
Gomosidade (g)	Alta	301,87 ^{aB}	318,17 ^{aB}	339,10 ^{aB}	430,17 ^{aA}
	Média	93,53 ^{bB}	118,30 ^{bA}	116,67 ^{bA}	109,35 ^{bA}
	Baixa	35,59 ^{cA}	32,64 ^{cB}	25,47 ^{cC}	27,06 ^{cC}

*Letras maiúsculas na mesma linha e letras minúsculas na mesma coluna para cada parâmetro de textura diferem estatisticamente ($p < 0,05$). ANN: *annealing*.

Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotérmicamente

ZAVAREZE, E. R. et al.

verificados no presente trabalho. Os autores realizaram medidas reológicas de géis dos amidos de milho com alto teor de amilose e ceroso, e também observaram a maior força do gel no amido com alto teor de amilose. Segundo Kalviainen et al. (2000), a gomosidade é considerada a força necessária para desintegrar o material; sendo assim, observa-se que quanto maior o teor de amilose do amido de arroz, maior deve ser a força necessária para desintegração do gel, pois os amidos de maior teor de amilose apresentaram maior gomosidade de gel (Tabela 2).

Os amidos de alta e de média amilose submetidos ao *annealing* apresentaram maior dureza de gel em relação aos respectivos amidos nativos (Tabela 2). Hormdok e Noomhorm (2007) também encontraram um aumento na dureza do gel de amido de arroz submetido ao *annealing*. O *annealing* aumentou a flexibilidade de gel do amido de arroz de alta amilose e a gomosidade dos géis de amido de arroz de alta e de média amilose, quando tratado sob 55 °C. No entanto, a gomosidade de gel do amido de baixa amilose reduziu com o aumento da temperatura de *annealing* (Tabela 2). A coesividade de gel dos amidos de arroz não foi afetada pelo processo de *annealing*. O efeito do *annealing* sobre o perfil de textura do amido de arroz foi dependente do teor de amilose dos amidos e da temperatura do tratamento hidrotérmico.

De acordo com Cham e Suwannaporn (2010), a modificação na organização cristalina dos grânulos através do processo de *annealing* afeta as propriedades de gel do amido. A reorganização da cristalinidade resulta em um aumento na mobilidade da região amorfa do grânulo, o que facilita a ordenação das duplas hélices e uma maior ordenação principalmente nas regiões amorfas (LIN et al., 2008).

4 Conclusão

O *annealing* promove alterações nas propriedades físico-químicas e no perfil de textura dos géis de amido de arroz. O *annealing* aumenta o teor de amido resistente dos amidos de arroz com alta e média amilose; no entanto, a temperatura de *annealing* não afeta o teor de amido resistente. Essa modificação hidrotérmica também aumenta a dureza e a gomosidade de gel dos amidos de arroz de médio e alto teor de amilose. As modificações promovidas pelo *annealing* no amido podem ser importantes na aplicação em vários tipos de alimentos, tais como sua utilização como espessante e na elaboração de massas alimentícias.

Referências

BEMILLER, J. N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 49, n. 4, p. 127-131, 1997.

BRUMOVSKY, J. O.; THOMPSON, D. B. Production of boilingstable granular resistant starch by partial acid hydrolysis and hydrothermal treatments of high-amylose maize starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 78, n. 6, p. 680-689, 2001.

CHAM, S.; SUWANNAPORN, P. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality. **Journal of Cereal Science**, London, v. 51, n. 3, p. 284-291, 2010.

CHOI, S. G.; KERR, W. L. Water mobility and textural properties of native and hydroxypropylated wheat starch gels. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2003.

CHUNG, H. J.; LIU, Q.; HOOVER, R. Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. **Food Research International**, Amsterdam, v. 43, n. 2, p. 501-508, 2010.

CHUNG, K. M.; MOON, T. W.; CHUN, L. K. Influence of annealing on gel properties of mung bean starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 77, n. 5, p. 567-571, 2000.

CUNNIFF, P. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 16. ed. Washington: AOAC, 1995. 1018 p.

FUENTES-ZARAGOZA, E.; RIQUELME-NAVARRETE, M. J.; SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Resistant starch as functional ingredient: a review. **Food Research International**, Amsterdam, v. 43, n. 4, p. 931-942, 2010.

GOMES, A. M. M.; SILVA, C. E. M.; RICARDO, N. M. P. S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 60, n. 1, p. 1-6, 2005.

HORMDOK, R.; NOOMHORM, A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **LWT- Food Science and Technology**, London, v. 40, n. 10, p. 1723-1731, 2007.

JACOBS, H.; DELCOUR, J. A. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 8, p. 2895-2905, 1998.

JAYAKODY, L.; HOOVER, R. Effect of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of starches from different botanical origins: a review. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 74, n. 3, p. 691-703, 2008.

KALVIAINEN, N.; ROININEN, K.; TUORILA, H. Sensory characterization of texture and flavor of high viscosity gels made with different thickeners. **Journal of Texture Studies**, New York, v. 31, n. 4, p. 407-420, 2000.

KISELEVA, V. I.; GENKINA, N. K.; TESTER, R.; WASSERMAN, L. A.; POPOV, A. A.; YURYEV, V. Annealing of normal, low and high amylose starches extracted from barley cultivars grown under different environmental conditions. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 56, n. 2, p. 157-168, 2004.

Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotérmicamente

ZAVAREZE, E. R. *et al.*

- KURAKAKE, M.; TACHIBANA, Y.; MASAKI, K.; KOMAKI, T. Adsorption of α -amylase on heat-moisture treated starch. **Journal of Cereal Science**, London, v. 23, n. 2, p. 163-168, 1996.
- LIN, J. H.; WANG, S. W.; CHANG, Y. H. Effect of molecular size on gelatinization thermal properties before and after annealing of rice starch with different amylose contents. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 22, n. 1, p. 156-163, 2008.
- POMERANZ, Y. Research and development regarding enzyme resistant starch (RS) in the USA: a review. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 46, n. 2, p. S63-S68, 1992.
- RATNAYAKE, W. S.; JACKSON, D. S. Thermal behavior of resistant starches RS 2, RS 3, and RS 4. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 5, p. 356-366, 2008.
- SANDHU, K. S.; SINGH, N. Some properties of corn starches II: physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry**, Oxford, v. 101, n. 4, p. 1499-1507, 2007.
- SANZ, T.; SALVADOR, A.; BAIXAULI, R.; FISZMAN, S. M. Evaluation of four types of resistant starch in muffins II. Effects in texture, colour and consumer response. **European Food Research & Technology**, Berlin, v. 229, n. 2, p. 197-204, 2009.
- VESTERINEN, E.; MYLLARINEN, P.; FORSSEL, P.; SODERLING, E.; AUTIO, K. Structural properties in relation to oral enzymatic digestibility of starch gels based on pure starch components and high amylose content. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 16, n. 2, p. 161-167, 2002.
- WALTER, M.; SILVA, L. P.; PERDOMO, D. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 39-43, 2005.
- WANG, L.; WANG, Y. J. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 291-296, 2004.
- WEBER, F. H.; QUEIROZ, F. P. C.; CHANG, Y. K. Efeito da adição de xantana e goma guar isoladamente em géis de amido de milho com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 11, n. 3, p. 221-225, 2008.
- ZHONG, F.; LI, Y.; IBANZ, A. M.; OH, M. H.; MCKENZIE, K. S.; SHOEMAKER, C. The effect of rice variety and starch isolation method on the pasting and rheological properties of rice starch pastes. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, n. 2, p. 406-414, 2009.