

PRODUÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES POR HIDRÓLISE ÁCIDA E ENZIMÁTICA DE FARINHA DE ARROZ

Suzane Martins Ferreira¹, Marcio Caliar², Manoel Soares Soares Júnior³,
Adelaide Del Pino Beleia⁴

RESUMO

A utilização de amidos modificados em alimentos tem sido uma alternativa para melhorar as características que os amidos nativos não podem conferir. A quirera de arroz é uma matéria-prima produzida em grande quantidade no país, obtida da fração de grãos quebrados gerada durante o beneficiamento do cereal, e possui alto teor de amido. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da hidrólise ácida e enzimática na farinha de quirera de arroz, visando à produção de açúcares redutores e assim agregar valor ao subproduto da indústria de arroz. A farinha de arroz que apresentou 0,38g.100g⁻¹ de cinzas, 8,33g.100g⁻¹ de proteínas, 90,19g.100g⁻¹ de carboidratos e 1,10g.100g⁻¹ de lipídios foi submetida à hidrólise ácida, com HCl, 1:5 (p/v) nas concentrações 0,075, 0,15 e 0,30M em banho-maria sob agitação a 50°C. Também foi realizada hidrólise enzimática na mesma proporção de farinha, com 1, 2 e 3UE de α -amilase, tampão acetato de sódio 0,025M, em banho-maria sob agitação a 40°C. Houve maior produção de açúcares redutores na concentração de 0,30M de HCl, a 50°C e 9h de hidrólise ácida (2,25 mg.g⁻¹ de farinha) e a hidrólise enzimática com α -amilase 2UE.g⁻¹ de farinha, obtendo 46,60 mg.g⁻¹ de farinha, em 2h. A hidrólise ácida apresentou baixos valores quanto a produção de açúcares redutores, pois essa foi realizada em condições brandas de temperatura e em concentrações fracas de HCl, mas a hidrólise enzimática foi eficiente, podendo ser facilmente empregada na modificação da farinha de arroz para geração de novos ingredientes para indústria de alimentos.

Palavras Chave: *Oryza sativa* L.; hidrólise; amido modificado.

PRODUCTION OF REDUCING SUGARS BY ACID AND ENZYMATIC HYDROLYSIS OF BROKEN RICE FLOUR

ABSTRACT

The use of modified starches in food has been an viable alternative to improve the characteristics of the native starches can not confer. The broken rice is a raw material produced in large quantities in the country, obtained by the fraction of broken grains generated during the processing of grain, and has high starch content. The objective of this study was to evaluate the effect of acid and enzymatic hydrolysis in broken rice flour, aiming at the production of reducing sugars and add value to by-product of rice industry. The rice flour which showed 0.38g.100g⁻¹ ash, 8.33g.100g⁻¹ protein, 90.19g.100g⁻¹ carbohydrate and 1.10 g.100g⁻¹ lipids were subjected to hydrolysis acid with HCl, 1:5 (w/v) in concentrations 0.075, 0.15 and 0.30M in a water bath under stirring at 50 ° C. Also enzymatic hydrolysis was performed in the same proportion of flour, 1, 2 and 3U of α -amylase, sodium acetate buffer 0.025M, in a water bath under stirring at 40 ° C. There was a greater production of reducing sugars in the concentration 0.30 M HCl at 50 ° C and 9h of acid hydrolysis (2.25 mg.g⁻¹ flour) and hydrolysis with α -amylase-flour with 2U.g flour⁻¹ obtaining a 46.60 mg.g flour⁻¹, 2h. Acid hydrolysis showed low values as the production of reducing sugars, as was performed under mild conditions of

¹ Mestranda em Ciencia e Tecnologia de Alimentos, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO CEP 74690-900. Tel: (62) 35211541. E-mail: suzane_mf@hotmail.com

²Professor Doutor, Setor Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO CEP 74690-900. Tel: (62) 35211541. E-mail: macaliari@ig.com.br

³Professor Doutor, Setor Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO CEP 74690-900. Tel: (62) 35211541. E-mail: mssoaresjr@hotmail.com

⁴Professora Doutora, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR CEP 86051970. Tel: (43) 33714565. E-mail:beleia@uel.br

temperature and weak concentrations of HCl, but the enzymatic hydrolysis is efficient and can be easily employed in the modification of rice flour for the generation of new ingredients for the food industry.

Keywords: *Oryza sativa* L.; hydrolysis; modified starch

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas o amido tem sido modificado por vários métodos para conseguir funcionalidades adequadas para as indústrias em diversas aplicações, tendo grande valor e importância na indústria de alimentos devido às limitações dos amidos nativos. A utilização de amidos modificados na formulação de alimentos tem sido uma alternativa para melhorar as características que os amidos nativos não podem conferir (Sing et al. 2007, Kaur et al. 2012).

Para a produção destes amidos, o ideal é explorar fontes de baixo custo, fácil aquisição e que permitam produção industrial. Uma das matérias-primas com essas características e produzida em quantidade no país, é a fração de grãos quebrados, gerados durante o beneficiamento do cereal (Carvalho et al. 2011). O beneficiamento do arroz compreende as etapas do descascamento (20% da casca e 80% de arroz integral), a brunição e o polimento, onde são retirados, parcial ou totalmente, o embrião e a maior parte da película que recobre o arroz integral. Destas etapas, resulta o farelo, com, aproximadamente, 8% do volume do produto em casca. Logo após, ocorre a separação das frações de grãos quebrados (aproximadamente 14%) e inteiros (cerca de 58%), bem como a classificação dos grãos quebrados em grandes, médios e quíveros (Nitzke & Biedrzycki 2007).

O arroz não constitui fonte primária de amido modificado já que, na maioria das vezes, é consumido na forma de grãos inteiros, e a produção do amido de arroz é pouco expressiva em função da dificuldade de extração e necessidade de tecnologia de custo elevado, o que justifica a escassez de informações sobre essa matéria-prima. A substituição do amido pela farinha representa opção para a expansão da demanda por amidos modificados, pois além de contribuir com as propriedades tecnológicas desejáveis, pode melhorar a qualidade nutricional do alimento (Limberger et al. 2008).

Diante disso, com a modificação química, física ou enzimática da farinha de arroz, essas limitações tecnológicas podem ser

solucionadas. A modificação química dos amidos nativos tem conferido a estes propriedades funcionais peculiares. O grau de modificação dos amidos é produzido por condições controladas de temperatura e pH e afeta diretamente o preço e sua aplicação (Kaur et al. 2012). A possibilidade de aproveitar novas matérias-primas agrícolas como fontes de amidos com características interessantes industrialmente, vem suscitando o interesse dos industriais da área.

A hidrólise ácida homogênea é um processo econômico, onde a escolha do ácido depende de sua compatibilidade com o produto final, e muito utilizada para produção de xaropes, porém podendo causar alterações devido às condições drásticas de reação (pH e temperatura) em que são empregados (Rodrigues et al. 2000). A modificação da farinha de arroz com ácido láctico e bissulfito de sódio promove aumento na propriedade de expansão e viscosidade de pasta (Neves et al. 2010). A hidrólise ácida com ácido clorídrico e sulfúrico tem sido utilizada a partir de amidos para produção de etanol a partir dos açúcares redutores produzidos (Tasić et al. 2009).

Embora a modificação ácida ainda seja muito utilizada, esta vem perdendo espaço para a modificação enzimática, que apresenta muitas vantagens, entre as quais a especificidade das enzimas, que proporciona a obtenção de produtos com propriedades químicas e físicas mais bem definidas (Severo et al. 2010).

As principais vantagens na utilização de enzimas para modificação dos materiais amiláceos, em comparação com as modificações químicas, são de que, as reações enzimáticas são realizadas em condições brandas de temperatura e pH, sendo altamente específicas, reduzindo o número de reações colaterais e a geração de resíduos durante o processamento. As enzimas fazem parte de uma tecnologia limpa que visa substituir gradativamente muitas reações químicas utilizadas nos processos industriais atuais. Isso demonstra a capacidade de minimização de problemas ambientais oferecida pelas enzimas (Fellows 2006, Novozymes 2011).

As amilases têm tomado lugar de ácidos no processamento industrial de hidrolisados de amido e representam a maior parte do mercado de enzimas no mundo (Gupta et al. 2003). As α -amilases são endoenzimas que catalisam as reações de hidrólise das ligações glicosídicas α -1,4 presentes na molécula de amido de forma desordenada, liberando produtos de médio peso molecular, como glicose, maltose, entre outros (Pandey et al. 2005).

A utilização das enzimas amilolíticas tem com o objetivo de modificar matérias-primas amiláceas e/ou obter produtos específicos, destacando-se os usos na indústria de alimentos (modificação de farinhas utilizadas em panificação para a obtenção de açúcares e fabricação de bebidas fermentadas), na etapa de degomagem na indústria têxtil, na indústria de papel, na indústria química e farmacêutica (Spier et al. 2006). O propósito deste trabalho foi avaliar o efeito da concentração de HCl no decorrer do tempo de hidrólise ácida e da concentração da α -amilase (1, 2 e 3UE) no tempo de hidrólise enzimática na farinha de quirera de arroz, por meio da aferição da teor de açúcar redutor, visando agregar valor aos subprodutos da indústria processadora de arroz e gerar farinhas modificadas para produção de alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de quirera de arroz foram cedidas pela Indústria Cristal Alimentos S/A, Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil. As mesclas de arroz utilizadas foram das cultivares Puitá e IRGA 417, cultivadas no estado do Rio Grande do Sul, na safra de 2010/2011.

Para realização da modificação enzimática da farinha de arroz foi utilizada a enzima comercial liofilizada α -amilase de *Aspergillus oryzae* (SPRING ALFA 125, 000), gentilmente doadas pela empresa Granotec do Brasil S.A, Curitiba, Paraná, Brasil. O HCl foi adquirido no comércio local, com teor de 37%, marca Synth, Diadema, São Paulo, Brasil e o NaOH com teor de 97%, marca Vetec Química Fina Ltda, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil.

A moagem de quirera de arroz foi efetuada em moinho de martelos (Marconi, MA-090/CF, Piracicaba, Brasil), com diâmetro médio das partículas entre 0, 15 a 0, 25 mm. A composição centesimal da farinha de arroz antes da hidrólise ácida ou enzimática foi determinada. As análises de umidade foram realizadas conforme técnica descrita pelo

método oficial nº 925.10 da AOAC (1998), a determinação de gordura pelo método de Soxhlet, nº 920.39C da AOAC (1997); o nitrogênio total, segundo o método de micro-Kjeldahl, a conversão em proteína bruta pelo o fator 5,95 de acordo com o método oficial nº 960.52 da AOAC (1998); as cinzas, por incineração em mufla à 550°C, método oficial nº 923.03 da AOAC (1998). Os carboidratos foram calculados por diferença. Os açúcares redutores pelo método ADNS, segundo Miller (1959), com leitura de absorbância a 550nm no espectrofotômetro Bel 1105, Piracicaba, Brasil. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A hidrólise ácida foi conduzida segundo metodologia de Beninca (2008), utilizou-se dispersão 1:5 (p/v) de farinha e solução HCl com diferentes concentrações (0,075; 0,15 e 0,3M), em potes de polietileno de alta densidade (PEAD), temperatura de 50°C em banho-maria horizontal tipo *Dubnoff* (Tecnal TE-053, Ourinhos, Brasil) nos tempos de 7, 8 e 9 horas. Foi utilizada solução de NaOH 0,1M para neutralizar o material hidrolisado com o ácido. Posteriormente foram retiradas alíquotas de 100µL da solução do material hidrolisado para determinação dos açúcares redutores.

Para obtenção da hidrólise enzimática da farinha de arroz foram utilizadas condições de hidrólise na proporção de 1:5 (p/v) de farinha e solução de enzima, com diferentes concentrações de α -amilase (1UE, 2UE e 3UE por g de farinha), em potes de PEAD, tampão acetato de sódio 0,025M, pH 5,0 e temperatura de 40°C (temperatura e pH ótimos da enzima), em banho-maria com agitação horizontal tipo *Dubnoff* (Tecnal TE-053, Ourinhos, Brasil), condições definidas por meio de testes preliminares. Posteriormente foram retiradas alíquotas de 100µL da solução do material hidrolisado para determinação dos açúcares redutores.

Utilizou-se dois delineamentos fatoriais completos sendo 4x3 para hidrólise ácida e 5x3 para hidrólise enzimática, com 4 repetições originais. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos resultados comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, por meio do aplicativo *Statística 7.0* (Stasoft 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição centesimal da farinha de grãos quebrados de arroz está representada em g.100g⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal e conteúdo de açúcares redutores da farinha de grãos quebrados de arroz *in natura*.

<i>Nutrientes</i>	<i>Farinha de grãos quebrados de arroz</i>
Proteínas ¹	8,33±0,08
Lipídios ¹	1,10±0,13
Cinzas ¹	0,38±0,02
Carboidratos totais ²	90,19±0,18
Açúcares redutores ³	0,56±0,08

¹Valores expressos em g.100g⁻¹ em base seca ²Valores de carboidratos calculados por diferença. ³ Conteúdo de açúcares redutores expressos em mg.g⁻¹ de farinha.

Os valores encontrados no trabalho de Tavares et al. (2010) em estudo com modificação oxidativa em farinhas de arroz, encontraram para o arroz nativo cultivar Firmeza valores de umidade (11,70%), proteínas (7,31%), lipídios (0,95%) e carboidratos (79,93%), mostrando uma redução de 67,6% no conteúdo de cinzas em relação a farinha em estudo. Limberger et al. (2008) estudaram a quirera de arroz e apresentou valores de umidade (11,47%), proteínas (8,13%), cinzas (0,45%), carboidratos (76,35%) e lipídios com variação de 15,65% superior no conteúdo de lipídios.

Como neste trabalho foram utilizados grãos quebrados de arroz provenientes de dois tipos de cultivares (IRGA 417 e Puitá inta CL) podem ter causado essas diferenças entre os demais autores nas variações do conteúdo de lipídios e proteínas. Quanto ao teor de cinzas, o grau de polimento também pode ter influenciado na diferença entre os estudos, pois quanto menor a remoção das camadas periféricas do grão, menor pode ser a remoção de farelo (rico em minerais e fibras) podendo interferir nesse conteúdo (Lamberts et al. 2008, Garcia 2010).

Pode-se observar que com o aumento da concentração de HCl e maior tempo de hidrólise, houve aumento na produção de açúcares redutores (Figura 1). Todos os modelos foram significativos e apresentaram valores de R² entre 0,740 a 0,967. Na concentração de 0,30M de HCl, temperatura de 50°C e tempo de hidrólise de 9 horas, houve maior produção de açúcares redutores (2,25mg.g⁻¹ de farinha).

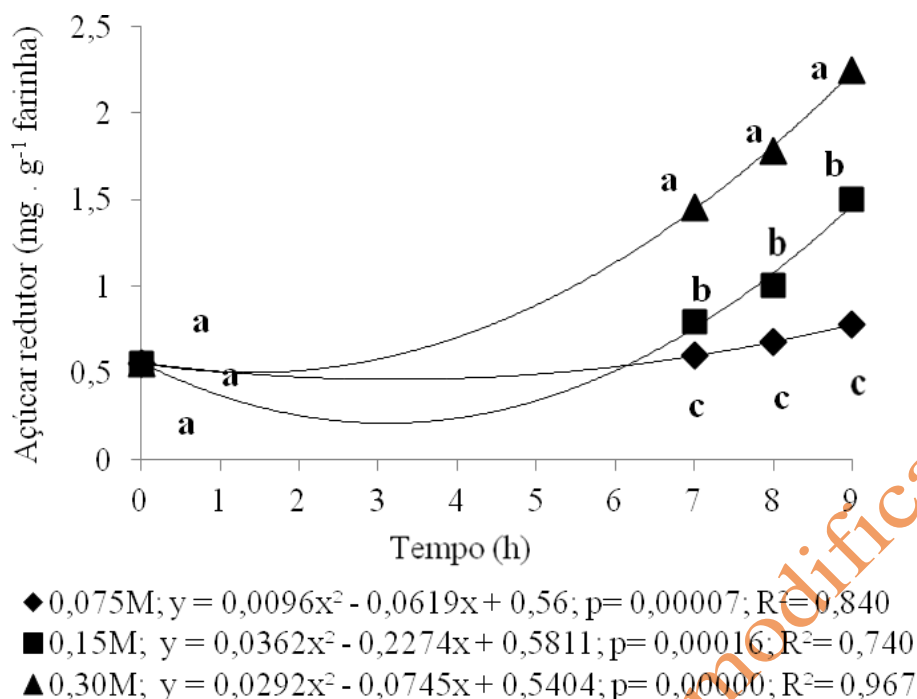
Woiciechowski et al. (2002) realizaram um estudo sobre a hidrólise ácida e enzimática no bagaço de mandioca para recuperação de açúcares redutores em um reator térmico cilíndrico e obtiveram melhores resultados

para hidrólise ácida com adição de HCl puro na concentração de 1% (p/v), em bagaço de mandioca em temperatura de 120°C, tempo de 10 minutos, obtendo 62,4g de açúcares redutores para 66% de amido, ou seja, 945mg.g⁻¹ de amido de mandioca. As condições utilizadas para a hidrólise foram extremas, utilizando temperatura e concentração de HCl altas quando comparadas com o presente trabalho, que foi de 50°C e 0,30M de HCl na maior concentração, obtendo 425 vezes maior teor de açúcares redutores em comparação com a melhor condição deste trabalho, mostrando a importância desses dois fatores para melhor eficiência da hidrólise.

A hidrólise enzimática com α -amilase em função do tempo com diferentes concentrações de enzima (1,0; 2,0 e 3,0 UE), temperatura de 40°C e pH da solução tampão 5,0 obtiveram teores de açúcares redutores maiores que a hidrólise ácida (Figura 2). Todos os modelos foram significativos e apresentaram valores de R² entre 0,923 e 0,986.

Com aumento da concentração das enzimas, houve um aumento na produção de açúcares redutores e após 2 horas de hidrólise ocorreu estabilidade entre a produção para todos os tratamentos, pois não diferiram significativamente (P>0,05) pelo teste Tukey.

Portanto conclui-se que a condição mais eficiente de hidrólise enzimática foi com 2UE de α -amilase por grama de farinha, pois mesmo aumentando a quantidade de enzima para 3UE de α -amilase.g⁻¹ de farinha, não houve diferença significativa (P>0,05) na produção de açúcares redutores (46,60 mg.g de farinha⁻¹), chegando-se a estabilização de produção com 2 horas de reação enzimática.



* Letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5% teste Tukey.

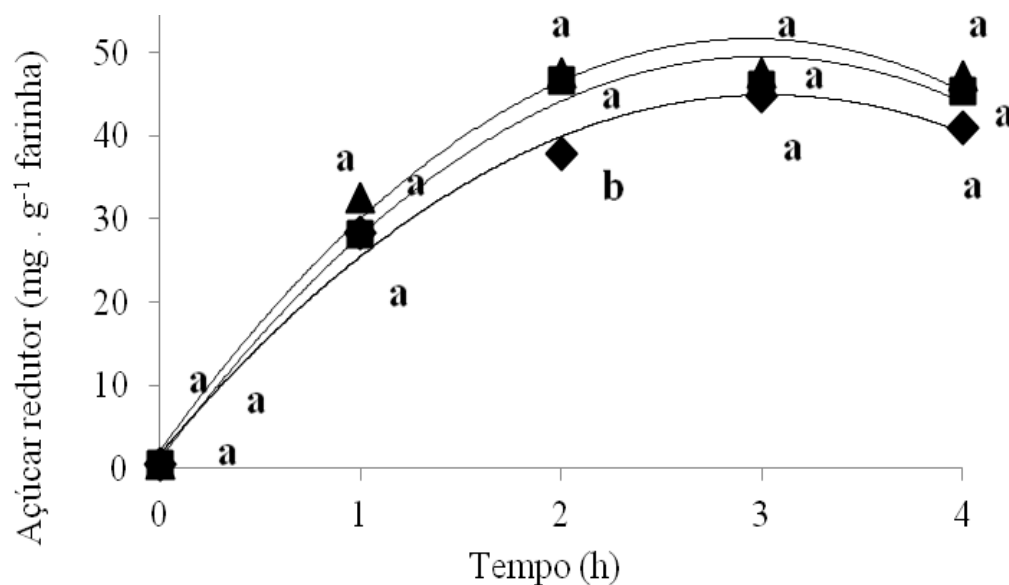
Figura 1. Valores de açúcares redutores produzidos durante a hidrólise ácida nos tempos de 7, 8 e 9 horas em diferentes concentrações de HCl, a 50°C.

Diante desses resultados, pode-se observar que o método enzimático foi mais eficiente para produção de açúcares redutores em comparação com o químico (acidificado com HCl), produzindo 20,71 vezes mais que o químico, em 2 horas de reação.

O tratamento com ácido em alimentos apresenta desvantagens, pois quanto maior concentração de ácido, menor o pH do produto e para neutralização do mesmo se faz necessário a adição de uma base forte. Com a adição de uma base forte como hidróxido de sódio, como utilizado neste trabalho, houve produção de sal no material hidrolisado, mascarando a presença de açúcares redutores por meio do sabor. Para remoção do sal, é necessária a adição de mais uma etapa no processo. Como o enxágue por diversas vezes em água destilada, o que promove a perda dos açúcares redutores produzidos durante a hidrólise, pois estes são extremamente solúveis

em água. O amido granular restante provavelmente apresentará diferenças de estrutura e de propriedades tecnológicas como viscosidade, solubilidade e formação de gel, entre outras.

Konsula & Liakopoulou-Kyriakides (2004) estudaram a hidrólise de diversos amidos por α -amilase de *Bacillus subtilis* utilizando 3% (p/v) de amido na temperatura de hidrólise de 38°C encontraram valores de açúcar redutor para o amido de arroz cru 13mg.mL^{-1} ($9,36\text{mg.g}^{-1}$ de amido) e 18mg.mL^{-1} ($12,96\text{mg.g}^{-1}$ de amido) para os tempos de 2 e 4 horas. Em comparação neste trabalho, onde foi utilizado 20% farinha de arroz, como contém em média cerca de 88,5% de amido em sua composição, foram obtidas concentrações superiores de açúcares redutores de 77,17% para o tempo de 2 horas e 68,39% de 4 horas, com as concentrações de α -amilase de 2 e 3 UE.g^{-1} de farinha, respectivamente.



◆ 1UE; $y = -5,5242x^2 + 31,068x + 1,1793$; $p = 0,00000$; $R^2 = 0,986$

■ 2UE; $y = -5,3959x^2 + 32,329x + 1,0668$; $p = 0,00000$; $R^2 = 0,923$

▲ 3UE; $y = -5,5722x^2 + 33,483x + 2,0935$; $p = 0,00000$; $R^2 = 0,952$

* Letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5% teste Tukey.

Figura 2. Valores de açúcares redutores produzidos durante a hidrólise enzimática em diferentes concentrações de α -amilase em função do tempo, a 40 °C.

Em estudo sobre o efeito da hidrólise enzimática de amidos de raízes e tubérculos com α -amilase bacteriana (A6380) obtida por Sigma Chemical CO, USA, (0,2% p/v), Rocha et al. (2010) utilizaram 15% (p/v) de farinha em relação a solução realizaram hidrólise em T 37°C por 48 horas, sendo obtidos valores máximos de açúcar redutor para mandioca de 40g.100g⁻¹ de amido (40 mg.g⁻¹ de amido), no período de 4 horas de hidrólise. Em relação a hidrólise da farinha de arroz no presente trabalho, obteve-se esse resultado com apenas 2 horas de hidrólise, nas concentrações de 2 e 3 UE de α -amilase.g⁻¹ de farinha, com concentração superior de 2,88% de açúcar redutor.g⁻¹ de farinha.

Embora o poder adoçante da glicose seja menor comparado ao da sacarose Bobbio & Bobbio (2001), a farinha obtida após hidrólise com α -amilase e secagem, dependendo do processamento em que for utilizada possivelmente desenvolverá aroma e cor de produtos açucarados, pelo conteúdo diferenciado de açúcares redutores em comparação com as farinhas de arroz

tradicionais, podendo ser utilizado como ingrediente em produtos de panificação, cereais matinais, sorvetes entre outros. A utilização de açúcares com propriedades umectantes, como a glicose, se utilizados em quantidade adequada à formulação, tendem a melhorar a maciez e prolongar a vida-de-prateleira de pães, e têm sido utilizados para o adoçamento, desenvolvimento do sabor e cor do produto (Esteller et al. 2004).

CONCLUSÕES

A hidrólise ácida apresentou valores pequenos (20 vezes menores) em relação a hidrólise enzimática quanto a produção de açúcares redutores, pois foi realizada em condições brandas de temperatura e com concentrações fracas de HCl. A hidrólise enzimática foi mais eficiente, tempo de 2 horas com a vantagem de que o material hidrolisado não precisa do processo de neutralização, podendo ser facilmente utilizado como ingrediente na fabricação de produtos alimentícios. A farinha de arroz modificada

contendo açúcares redutores, quando aplicada como ingrediente em produtos que necessitem de aquecimento em seu processo, realçará o aroma, cor e sabor do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**. Food composition, additives, natural contaminants. 16. ed. v. 2. Gaithersburg: AOAC, 1997.
- A.O.A.C. **Official methods of analysis of AOAC International**: Agricultural chemicals, contaminants, drugs. 16. ed., v. 1. Gaithersburg: AOAC International, 1998.
- Beninca, C. **Emprego de técnicas termoanalíticas na análise de amidos nativos e quimicamente modificados**. 2008. 76f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- Bobbio, F. O.; Bobbio, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 223p.
- Carvalho, W. T.; Reis, R. C.; Velasco, P.; Soares Junior, M. S.; Bassinello, P. Z.; Caliari, M. Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quirera de arroz e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 422-429, 2011.
- Esteller, M. S.; Yoshimoto, M. O.; Amaral, R. L.; Lannes, S. C. S. Uso de açúcares em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 602-607, 2004.
- Fellows, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.
- Gupta, R.; Mohapatra, H.; Goswami, V.K.; Chauhan, B. Microbial α -amylases: a biotechnological perspective. **Process Biochemistry**, London, v. 38, n. 11, p. 1599-1616, 2003.
- Kaur, B.; Ariflin, F.; Bhat, R. Karim, A. A. Progress in starch modification in the last decade. **Food Hydrocolloids**, London, v. 26, n. 2, p. 398-404, 2012.
- Konsula, Z.; Liakopoulou-Kyriakides, M. Hydrolysis of starches by the action of an α -amylase from *Bacillus subtilis*. **Process Biochemistry**, London, v. 39, n.1, p. 1745-1749, 2004.
- Limberger, V. M.; Silva, L. P.; Emanuelli, T.; Comarela, C. G.; Patias, L. D. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n.1, p. 84-88, 2008.
- Miller, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- Nitzke, J. A.; Biedrzycki, A. Terra de arroz. Porto alegre: ICTA-UFRGS, 2007.
- Neves, F. M. N.; Pereira, J. M.; Zavareze, E. R.; Dias, A. R. G.; Elias, M. C. Expansion of rice flour treated with lactic acid and sodium bisulphate. **Food Science and Technology**, Zurich, v.43, n. 2, p. 326-330, 2010.
- Novozymes. Enzimas e o Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.novozymes.com-images.htm>> Acesso em: 20 fev. 2012.
- Pandey, A.; Webb, C.; Soccol, C. R.; Larroche, C. **Enzyme Technology**. Berlin: Springer Us, 2005. 742p.
- Rocha, T. S.; Carneiro, A. P. A; Franco, C. M. L. Effect of enzymatic hydrolysis on some physicochemical properties of root and tuber granular starches. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 544-551, 2010.
- Rodrigues, M. V. N.; Rodrigues, R. A. F.; Serra, G. E.; Andrietta, R.; Franco, T. T. Produção de xarope de açúcar invertido obtido por hidrólise heterogênea, através de planejamento experimental. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 103-109, 2000.
- Severo, M. G.; Moraes, K.; Ruiz, W. A. Modificação enzimática da farinha de arroz visando a produção de amido resistente. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n.2, p. 345-350, 2010.
- Sing, J. M.; Kaur, L.; McCarthy, O. J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. **Food Hydrocolloids**, London, v. 21, p. 1-22, 2007.
- Spier, M. R.; Woiciechowski, A.L.; Vandenbergue, L.; Soccol, C.R. Production and characterization of amylases by *Aspergillus niger* under solid fermentation using agro industrials products. **International Journal of Food Engineering**, v. 2, n. 3, p 1-19, 2006.
- Stasoft. Statistica 7.0 for Windows – Computer program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007. CD Room.
- Tasić, M. B.; Konstantinović, B. V.; Lazić, M. L.; Veljković, V. B. The acid hydrolysis of potato tuber mash in bioethanol production. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdã, v. 43, p. 208-211, 2009.

- Tavares, A. C. K.; Zanatta, E.; Zavareze, E. R.; Helbiz, L. E.; Dias, A. R. G. The effects of acid and oxidative modification on the expansion properties of rice flours with varying levels of amylase. **Food Science and Technology**, Zurich, v.43, p. 1213-1219, 2010.
- Woiciechowski, A. L.; Nitsche, S.; Pandey, A.; Soccol, C. R. Acid and enzymatic hydrolysis to recover reducing sugars from cassava bagasse: an economic study. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n.3, p. 393-400, 2002.