



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria
Brasil

Souza Tavares, July-Ana; Soares Soares Júnior, Manoel; Becker, Fernanda Salamonj; Eifert da
Costa, Eduardo
Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do
tempo de processamento
Ciência Rural, vol. 42, núm. 6, junio, 2012, pp. 1102-1109
Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33122919017>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento

Functional changes of rice flour roasted with microwave as a function of moisture content and processing time

July-Ana Souza Tavares^{1*} Manoel Soares Soares Júnior^{II} Fernanda Salamoni Becker^I
Eduardo Eifert da Costa^{III}

RESUMO

O Brasil está entre os dez maiores produtores de arroz do mundo. Devido ao beneficiamento, boa parte dos grãos é quebrada, gerando um subproduto de baixo valor comercial. A farinha de arroz normalmente é produzida a partir de grãos quebrados e é utilizada em produtos manufaturados devido a suas propriedades funcionais. Visando à obtenção de farinhas com propriedades funcionais diferenciadas e assim ampliar sua utilização como ingrediente em diferentes aplicações na indústria de alimentos, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da umidade e do tempo de torra (variáveis independentes), em micro-ondas, sobre as características funcionais de farinhas de arroz da cultivar 'IRGA 417'. Utilizou-se delineamento experimental composto central. A variação do teor de amilose (TA) entre as farinhas de arroz torradas foi de 16-30g (100g)⁻¹, sendo que nos menores tempos de torra (até 13,3min) e umidade acima de 18,5g (100g)⁻¹ observaram-se os maiores TA. Ocorreu elevação do índice de absorção de água (IAA) à medida que aumentou o tempo de torra das farinhas de arroz. Os valores mais elevados de índice de solubilidade em água (ISA) (25%) foram encontrados para as farinhas de arroz com umidade acima de 22g (100g)⁻¹. Com o aumento do tempo de torra, ocorreu diminuição do pico de viscosidade, viscosidade final e de tendência a retrogradação das farinhas torradas. O contrário foi observado para a quebra de viscosidade. Conclui-se que a torração em micro-ondas pode ampliar as aplicações da farinha de arroz na indústria de alimentos em função das mudanças funcionais resultantes.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., grãos quebrados, umidificação, torração, micro-ondas, desenvolvimento de produto, tratamento térmico.

ABSTRACT

Brazil is among the ten largest producers of rice in the world. Due to processing, most of the grains is broken, causing a by-product of low commercial value. Rice flour is usually produced from broken grains and used in manufactured products because of their functional properties. Aiming to obtain flours with different functional properties and thus extend its use as an ingredient in different applications in the food industry, the objective was to evaluate the effect of moisture content and roasting time (independent variables), in the microwave, on the functional characteristics of flour from rice variety 'IRGA 417'. We used central composite rotational experimental design. The variation of amylose content (TA) between the roasted rice flour was 16-30g (100g)⁻¹, and roasting in the shortest times (until 13.3min) and humidity above 18.5g (100g)⁻¹, we observed the highest TA. An elevation of the water absorption index (WAI) increased as the roasting time of rice flours. The highest values of water solubility index (WSI) (25%) were found for rice flour with humidity above 22g (100g)⁻¹. With increased roasting time diminished the peak viscosity, final viscosity and setback of roasted flour. On the contrary was observed for the breakdown of viscosity. It is concluded that roasting in a microwave can expand the applications of rice flour in the food industry according to the functional changes that result.

Key words: *Oryza sativa* L., broken rice, humidification, roasting, microwave, product development, thermal treatment.

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os dez maiores produtores de arroz do mundo, sendo o maior produtor

¹Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EA), Universidade Federal de Goiás (UFG), 74690-900 Goiânia, GO, Brasil. E-mail: july_nutri@hotmail.com. *Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Engenharia de Alimentos, EA, UFG, Goiânia, GO, Brasil.

^{III}Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil.

da América do Sul. A orizicultura, em sistema de várzea, presente em todas as regiões brasileiras, é responsável por 65% da produção nacional (CONAB, 2010). Algumas propriedades ímpares do arroz como a capacidade de carrear *flavor*, o aroma e sabor suaves e sua hipoalergenicidade o fazem desejável para ser utilizado em produtos alimentícios como ingrediente (CARVALHO & BASSINELLO, 2006). Nesse sentido, a farinha de arroz tem sido amplamente utilizada em produtos manufaturados como pudins, alimentos infantis, cereais matinais, produtos cárneos e em congelados (WANG et al., 2002).

Entretanto, outras propriedades funcionais dos ingredientes são importantes para o processamento de alimentos ou para a qualidade do produto final. O teor de amilose (TA) serve como indicador do comportamento do arroz e seus derivados ao serem cozidos e processados. A absorção de água por farinhas é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, pães e bolos, pois valores altos de índice de absorção de água (IAA) são importantes para ajudar a reter a umidade. O índice de solubilidade em água (ISA) permite verificar o grau de severidade do tratamento térmico, em função da degradação, gelatinização, dextrinização e consequente solubilização do amido. O perfil de viscosidade durante o tratamento hidrotérmico é extremamente útil na determinação do comportamento do amido sob várias condições tecnológicas. Essas características determinam as propriedades funcionais das matérias-primas amiláceas e suas diversas aplicações industriais (CARVALHO et al., 2002; MENEGASSI et al., 2007).

A farinha de arroz é torrada de forma caseira para ser utilizada em preparações culinárias na Ásia, como no preparo do *Uppu Cheddai*, pois a torra altera a cor e o aroma do produto. A indústria comumente produz farinhas torradas como a de soja, de milho (biju) e mandioca, entre outras, utilizando como métodos de torra: chapas, fornos convencionais e rotativos, geralmente com aquecimento por combustão (lenha ou gás), que causam desconforto térmico, poluição do ar, riscos à saúde dos colaboradores (fumaça e monóxido de carbono), riscos de acidentes e ineficiência produtiva (ALESSI et al., 2003). A torração utilizando equipamento de micro-ondas tem sido estudada por vários autores, obtendo resultados bastante satisfatórios. FADINI (1998) relata que é possível a torração de cacau por micro-ondas, em menor tempo, levando à obtenção de produtos com características sensoriais semelhantes às do produto torrado de forma convencional. Além das vantagens citadas, a utilização do micro-ondas tem como aspecto mais interessante o aquecimento seletivo. Diferente dos outros fornos, como o elétrico e o por

combustão, nos quais todos os corpos que estão dentro do equipamento se aquecem, no forno micro-ondas, o aquecimento depende do material presente, ou seja, o aquecimento depende essencialmente da constante dielétrica e da frequência de relaxação dos produtos utilizados (BARBOSA et al., 2001).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da umidade e do tempo de torra, em micro-ondas, sobre as características físico-químicas de farinhas de arroz, visando a obter informações para sua utilização como ingrediente em diferentes aplicações de alimentos, uma vez que não foram encontrados relatos na literatura científica ou técnica sobre as propriedades funcionais de farinha de arroz torrada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra de arroz em casca da cultivar (cv.) 'IRGA 417', oriunda do Estado do Rio Grande do Sul, safra 2008, foi beneficiada em descascador (*Satake Rice*) e os grãos quebrados oriundos deste beneficiamento foram triturados em moinho de facas (*Grainman*, 60-230-602AT), obtendo-se a farinha de arroz. Esta foi armazenada em embalagem de polietileno e mantida sob refrigeração ($8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), até que se procedesse à equalização da umidade, 24h antes do processamento em micro-ondas. O delineamento experimental do processo de torração das farinhas foi do tipo composto central, constituído por um fatorial 2^2 , quatro ensaios axiais e três repetições no ponto central, totalizando onze ensaios (Tabela 1). As variáveis independentes foram tempo de torração (min) e umidade [g (100g)^{-1}] (RODRIGUES; IEMMA, 2005). A umidade da farinha crua foi determinada em estufa a 105°C , conforme método n. 925.10 da AOAC (1997), e esta foi de $12,8\text{g (100g)}^{-1}$, sendo utilizada no cálculo para determinação da quantidade de água adicionada nas amostras, conforme a equação 1.

$$\text{Umidade(g)} = \left[\frac{(100 - A)}{(100 - B)} \right] - 1 \times C \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: A: teor de umidade da amostra (g); B: teor de umidade desejada [g (100g)^{-1}]; C: massa da amostra (g).

A quantidade de água (g) calculada para cada ensaio foi borrifada manualmente na farinha de arroz crua, que foi mantida em repouso durante 24h para homogeneização, sob refrigeração a $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. A torração foi realizada em bateladas de 300g, em forno micro-ondas (CCE, M210), com volume interno de 21L e potência máxima de 800W. Utilizou-se a potência máxima, que corresponde à potência real determinada de 758W. As farinhas de arroz dispostas em recipientes cilíndricos de vidro refratário, com 4mm de espessura,

Tabela 1 - Delineamento experimental com os valores codificados e reais das variáveis umidade [g (100g)⁻¹] e tempo de torra em micro-ondas (min) da farinha de arroz.

Tratamento	Tempo de torra (codificado)	Umidade (codificado)	Tempo de torra (real)	Umidade (real)
1	-1	-1	10	14,3
2	1	-1	20	14,3
3	-1	1	10	23,2
4	1	1	20	23,2
5	-1,41	0	8	18,7
6	1,41	0	22	18,7
7	0	-1,41	15	12,5
8	0	1,41	15	25,0
9	0	0	15	18,7
10	0	0	15	18,7
11	0	0	15	18,7

260mm de diâmetro e 55mm de altura, no centro do aparelho, foram revolvidas durante o processo em intervalos de 1min, com o auxílio de colher, para evitar a queima desigual da amostra e formação de *hot spots*.

As análises foram realizadas nas amostras de farinha de arroz crua e nas torradas. O TA foi determinado por meio de técnica colorimétrica, desenvolvida por MARTÍNEZ & CUEVAS (1989). O IAA e o ISA foram determinados segundo metodologia descrita por ANDERSON et al. (1969). As amostras de farinha de arroz foram analisadas quanto à viscosidade aparente no *Rapid Visco Analyser* (Newport Inc.[®], 4). Determinou-se o pico de viscosidade (PV), a quebra de viscosidade (QV), a tendência a retrogradação (TR) e a viscosidade final (VF) das farinhas de arroz segundo o método oficial para arroz 61-02 da AACC (2000). Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância múltipla, sendo elaborados modelos ajustados com as variáveis codificadas e gráficos de curvas de nível, utilizando-se o programa Statistica 7.0 for Windows.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O TA médio da farinha de arroz crua foi de 30,2g (100g)⁻¹, o IAA de 2,8 [g gel (g m.s.)⁻¹], o ISA de 1,2 (%), o PV de 2990 (cP), a QV de 205 (cP), a TR de 2782 (cP) e a VF de 5662 (cP). O TA observado na farinha de arroz crua foi próximo aos encontrados para outros cereais: 32,2g (100g)⁻¹ para aveia (GALDEANO et al., 2009), de 28-33g (100g)⁻¹ para milho (CHUNG & LAI, 2005) e 29,2g (100g)⁻¹ para cevada (TANG et al., 2002). Variação entre 18,4 e 23,9g (100g)⁻¹ no TA de farinha de arroz, de cultivares não identificadas, foram relatadas por YU & WANG (2007), CLERICI & EL-DASH (2008) e por ZANÃO et al. (2009), enquanto a farinha crua da cv. 'IRGA 417' obteve valor superior.

O valor de IAA da farinha de arroz crua encontrado neste trabalho é próximo aos obtidos por outros pesquisadores em farinhas de arroz cruas, de cultivares indefinidas, 2,59g gel (g m.s.)⁻¹ (DORS et al., 2006) e 2,84g gel (g m.s.)⁻¹ (BARBOSA et al., 2006). Já os valores de ISA determinados por esses mesmos autores foram superiores ao observado nesta pesquisa, 2,1% e 1,82%, respectivamente. Possivelmente, essas diferenças ocorreram devido às características próprias de cada cultivar de arroz, tais como o TA ou a granulometria das farinhas trabalhadas por cada autor.

O PV durante o aquecimento da farinha de arroz crua foi elevado, de formato agudo, o que poderia indicar a presença de grânulos de amido com propriedades de inchamento e ruptura mais uniformes durante o tratamento hidrotérmico no RVA (MATUDA et al., 2004). A farinha de arroz crua apresentou pequena QV (*breakdown*), mostrando-se estável ao aquecimento e obteve valor elevado de VF, possivelmente houve re-organização das moléculas de amilose, amilopectina e proteínas, formando gel a frio firme durante o resfriamento. Valor elevado (2782 cP) para a TR foi obtido pela farinha de arroz crua, o que pode demonstrar que ela é pouco indicada para produção de alimentos prontos para consumo, refrigerados ou congelados, pois podem levar à sinerese durante o armazenamento ou após o descongelamento.

Os modelos de regressão ajustados e os coeficientes de determinação (R²), assim como os valores de P para as propriedades físico-químicas das farinhas de arroz torradas, em função do tempo de torração e do teor de umidade, estão apresentados na tabela 2. Todos os modelos de regressão ajustados foram estatisticamente significativos (P≤0,05). Os efeitos (linear e quadrático) do tempo de torração foram significativos (P≤0,05) para todas as respostas

analisadas, com exceção do efeito quadrático do tempo de torra que não foi significativo ($P > 0,05$) para a QV e o PV, porém foi mantido no modelo desta última resposta, pois melhorou o seu ajuste. O efeito da interação da umidade com o tempo foi significativo ($P \leq 0,05$) apenas para o TA, IAA e ISA. O efeito linear da umidade, apesar de não ser significativo ($P > 0,05$), foi mantido nos modelos de TA, ISA e PV. O mesmo caso ocorreu para o efeito quadrático da umidade, mantido no modelo de TA e para o efeito da interação tempo de torra e umidade para PV e VF. Os gráficos de curvas de nível elaborados a partir dos modelos ajustados para o TA, IAA e ISA estão apresentados na figura 1.

Com a torração acima de 21,5min e umidade superior a 23,5g (100g)⁻¹, observaram-se os menores TA. Até 13,3min de torra e umidade acima de 18,5g (100g)⁻¹, observou-se o inverso, ou seja, os maiores TA [30g (100g)⁻¹] (Figura 1a). A variação de TA entre as farinhas de arroz torradas foi de 16 a 30g (100g)⁻¹, podendo ser classificadas como de teor baixo, intermediário e alto de amilose, segundo classificação adaptada de MARTÍNEZ & CUEVAS (1989).

Ocorreu elevação do IAA à medida que aumentou o tempo de torra das farinhas de arroz. Observou-se uma região com baixos valores de IAA [2,3g gel (g m.s.)⁻¹] em umidades acima de 21,7g (100g)⁻¹ e até 12,4min de torração (Figura 1b). Os valores altos da IAA encontrados nas farinhas de arroz torradas por mais de 16 min em comparação à farinha crua são considerados bastante desejáveis na utilização destas farinhas em produtos de panificação, cárneos e de preparo rápido, pois permitiria a adição de mais água à massa, melhorando suas características de manuseio e evitando o ressecamento do produto durante o armazenamento (CLERICI & EL-DASH, 2008).

Observou-se uma grande área do gráfico com valor nulo para o ISA. Os valores mais elevados

de ISA (25%) foram encontrados para as farinhas de arroz com umidade acima de 22g (100g)⁻¹ (Figura 1c). Em trabalho que avaliou farinha de arroz pré-gelatinizada para emprego em sobremesa, DORS et al. (2006) obtiveram valores de ISA de 9,49%, e justificam que esse alto valor, em comparação com as farinhas de arroz cruas (2,10%), pode ser devido à perda da cristalinidade na gelatinização durante o processo de extrusão, ocorrendo alteração na estrutura do grão de amido e maior solubilização deste. Essa justificativa pode ser estendida às farinhas que sofreram torração neste estudo, pois as que sofreram tratamento térmico mais drástico obtiveram maiores valores de ISA.

A partir dos modelos ajustados para o PV, QV, TR e VF das farinhas de arroz torradas (Tabela 2), foram elaborados gráficos de curvas de nível para verificar a tendência das respostas (Figura 2). O PV diminuiu com a torração. As farinhas processadas com umidade de 12,5g (100g)⁻¹ não apresentaram PV entre os tempos de torra de 16,4 e 18,4min. O mesmo ocorreu com as farinhas com umidade acima de 23g (100g)⁻¹ e torradas em tempos acima de 16min (Figura 2a). Os valores de PV das farinhas de arroz torradas foram inferiores aos da farinha de arroz crua (2990cP), sendo que o menor resultado encontrado foi quase 100% menor que o obtido pela farinha crua.

LIMBERGER et al. (2008), trabalhando com modificação química (fosfatação) e física (extrusão) do amido de farinhas de quirera de arroz, observaram que os picos de viscosidade das farinhas fosfatadas foram menores do que as farinhas de quirera nativa, e o mesmo aconteceu para as farinhas extrusadas. Segundo esses autores, as condições desses processos contribuíram para o menor PV das farinhas. A comparação entre a farinha de arroz crua e as farinhas de arroz torradas no presente estudo também indicou redução da

Tabela 2 - Modelos de regressão ajustados, coeficientes de determinação (R^2) e valor p para o teor de amilose [g (100g)⁻¹], índice de absorção de água [g gel(g m.s.)⁻¹], índice de solubilidade em água (%) e parâmetros viscoamilográficos das farinhas de arroz torradas (cP), em função do tempo de torra (min) e umidade [g (100g)⁻¹].

Parâmetro	Modelo*	R^2	- p-valor
Teor de amilose	$y = 29,41 - 2,48x_1 - 2,04x_1^2 - 0,72x_2 - 0,56x_2^2 - 2,65x_1x_2$	0,94	0,0047
Índice de absorção de água	$y = 2,87 + 0,64x_1 + 0,41x_1^2 + 0,32x_1x_2$	0,91	0,0098
Índice de solubilidade em água	$y = 1,91 + 4,41x_1 + 2,71x_1^2 + 1,55x_2 + 3,5x_1x_2$	0,87	0,0098
Viscosidade máxima	$y = 79,14 - 589,55x_1 + 465,32x_1^2 + 48,16x_2 - 117x_1x_2$	0,98	0,0001
Quebra de viscosidade	$y = 11,18 + 12,13x_1$	0,80	0,0163
Viscosidade final	$y = 62,02 - 950,36x_1 + 766,01x_1^2 - 149,5x_1x_2$	0,97	0,0004
Tendência a retrogradação	$y = -16,06 - 360,8x_1 + 299,97x_1^2$	0,94	0,0035

Em que: y = resposta; x₁ = tempo (min); x₂ = umidade [g (100 g)⁻¹].

* Termos escritos em itálico = o efeito, apesar de não ser significativo ao nível de 5%, contribuiu para melhorar o ajuste do modelo.

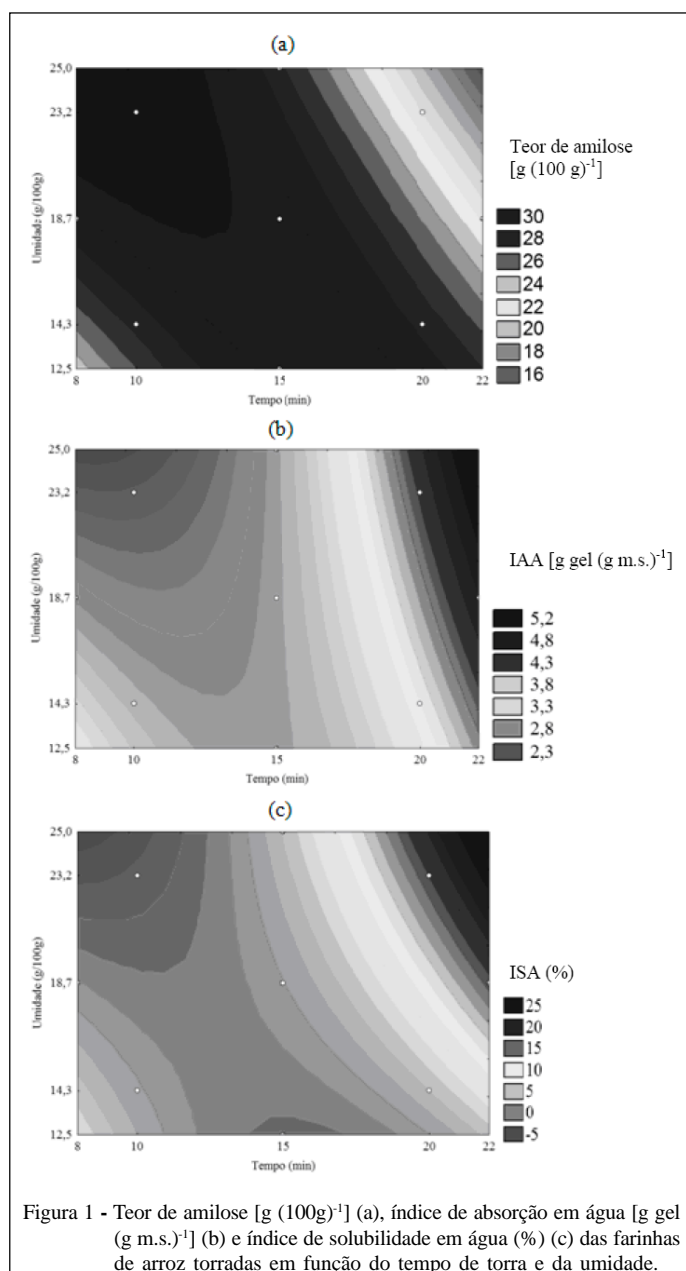


Figura 1 - Teor de amilose [g (100g)⁻¹] (a), índice de absorção em água [g gel (g m.s.)⁻¹] (b) e índice de solubilidade em água (%) (c) das farinhas de arroz torradas em função do tempo de torra e da umidade.

viscosidade das farinhas torradas, provavelmente devido às condições drásticas da torração em micro-ondas, que alterou a estrutura do amido e diminuiu a capacidade de espessamento a quente.

Os gráficos de PV e VF das farinhas de arroz torradas foram semelhantes (Figura 2a e b), existindo uma região de resultados nulos para ambos os componentes da análise viscoamilográfica. Com o aumento do tempo de torra, ocorreu diminuição dos valores de VF das farinhas de arroz torradas. A VF das farinhas torradas foi inferior a VF das farinhas cruas

(5662cP). A VF é um parâmetro importante no uso de amido em alimentos, corresponde à viscosidade a ser desenvolvida no produto final e, portanto, deve ser apreciada pelo consumidor (OLIVEIRA et al., 2009). As farinhas de arroz torradas que obtiveram menor VF podem ser usadas como ingredientes em produtos nos quais não se deseja que ocorra endurecimento ou geleificação no produto final a quente, como, por exemplo, os achocolatados.

A QV aumentou com o processo de torração, sendo que o maior valor desta resposta foi obtido para

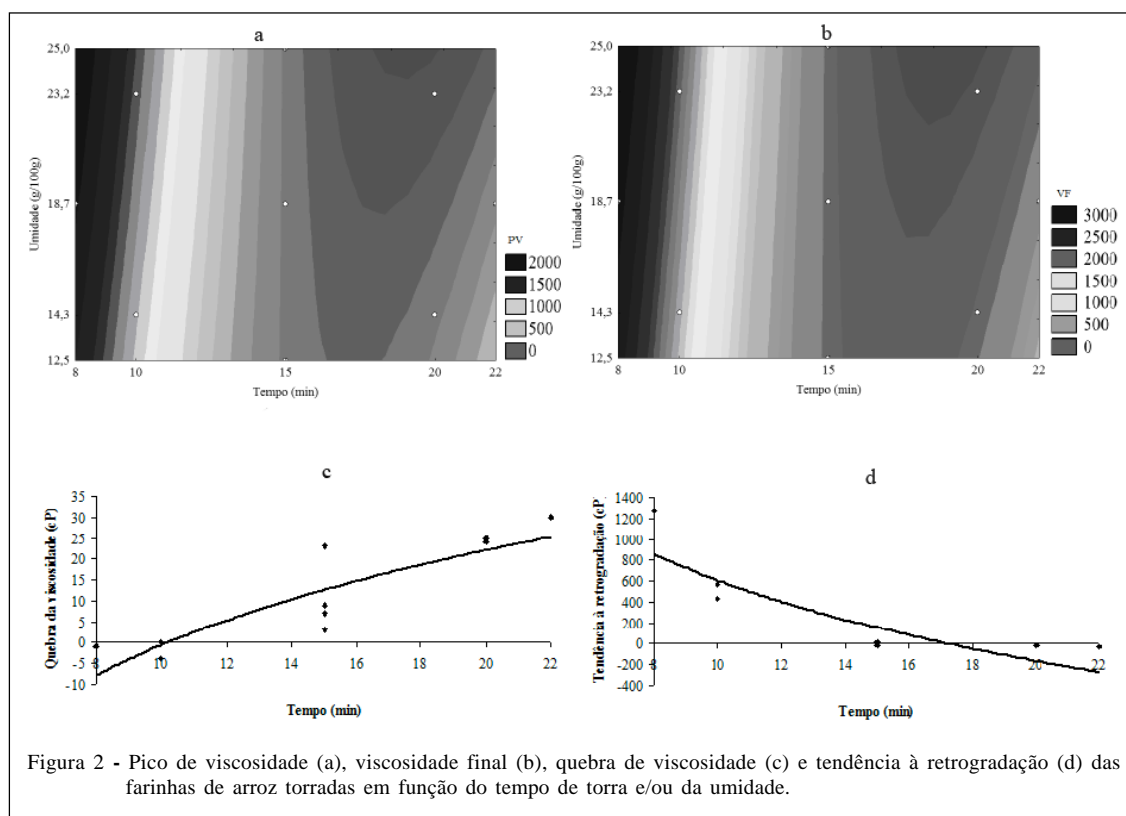


Figura 2 - Pico de viscosidade (a), viscosidade final (b), quebra de viscosidade (c) e tendência à retrogradação (d) das farinhas de arroz torradas em função do tempo de torra e/ou da umidade.

farinhas de arroz com máxima torra (22min) (Figura 2c). As farinhas submetidas aos menores tempo de torra (8 e 10min) obtiveram valores negativos ou nulos para a QV. Tais resultados ocorreram porque as farinhas torradas nestes tempos tiveram os maiores valores de PV e quando atingiram a máxima gelatinização não tiveram decréscimo da viscosidade a frio, pelo contrário, continuaram a aumentar. Assim, quando se subtraiu a viscosidade máxima do menor valor de viscosidade após o pico no perfil amilográfico, os *breakdowns* das farinhas de arroz torradas apresentaram-se negativos. Deduz-se que as farinhas de arroz torradas em condições brandas são mais resistentes à agitação durante aquecimento e essas farinhas poderiam ser recomendadas para produtos alimentícios servidos quentes, tais como sopas e bebidas encorpadas, nos quais é desejável manter a viscosidade após o aquecimento.

A TR mede a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade após o pico (MENEGASSI et al., 2007). As farinhas de arroz torradas obtiveram TR decrescente, à medida que se avançou o processo de torra em micro-ondas. Os maiores tempos de torra (20-22min) obtiveram respostas negativas, mas com tendência à estabilização dos valores de *setback*

em valores próximos a zero (Figura 2d). A variação de TR foi de -22 a 1276cP entre as farinhas de arroz torradas. Quando se compara as amostras menos torradas, que obtiveram os maiores valores de *setback* dentre as farinhas processadas, com a amostra crua, percebe-se que ocorreu diminuição de 54,13%.

Não ocorreu formação de pasta para a maioria das farinhas torradas, exceto para as submetidas aos menores tempos de torra. Sabendo que os géis de amido são compostos de grânulos de amido intumescidos numa matriz de amilose, com o reforço das estruturas por grânulos gelatinizados (RING, 1985), provavelmente o menor TA, como foi observado nas farinhas com maior tempo de torra (Figura 1a), influenciou nessa resposta.

Os valores de viscosidade, de modo geral, foram menores nas farinhas torradas, e todos os parâmetros viscoamilográficos enfocados neste trabalho foram menores que os encontrados para a farinha de arroz crua. Viscosidades menores no perfil amilográfico estão de acordo com a literatura, que, comparando farinhas e/ou amidos de arroz submetidos a algum tratamento hidrotérmico ou modificações físicas e químicas com suas respectivas farinhas nativas, obtiveram menor viscosidade tanto a quente

quanto a frio (CARVALHO et al., 2002; CLERICI; EL-DASH, 2008; LIMBERGER et al., 2008).

CONCLUSÃO

As variáveis tempo de torra e umidade afetaram o teor de amilose, o índice de absorção de água e o índice de solubilidade em água das farinhas de arroz torradas. O tempo de torra afetou as características viscoamilográficas, não havendo formação de pasta para as farinhas de arroz submetidas acima de 16min. O teor de amilose e as características viscoamilográficas das farinhas de arroz torradas diminuíram quando comparado com o resultado da farinha de arroz crua. Com o aumento do tempo de torra, ocorreu aumento do índice de absorção em água das farinhas de arroz torradas. As farinhas de arroz torradas em micro-ondas são uma alternativa para produção de ingredientes com diferentes características funcionais para utilização pela indústria de alimentos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo suporte financeiro e bolsa de mestrado e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AACC (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS). **Approved methods**. 10.ed. Saint Paul, 2000. V.1 e 2.
- ANDERSON, R.A. et al. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p.4-12, 1969.
- ALESSI, M.O. et al. Caracterização do processamento de farinha de milho biju para o aproveitamento dos subprodutos. **Publicações UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciência Agrárias e Engenharia**, v.9, n.2, p.31-39, 2003.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis of AOAC International: food composition, additives, natural contaminants**. 16.ed. Gaithersburg, 1997. V.2.
- BARBOSA, L.N. et al. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Vetor**, v.16, n.2, p.11-20, 2006.
- CARVALHO, J.L.V. de; BASSINELLO, P.Z. Aproveitamento industrial. In: SANTOS, A.B. et al. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p.1007-1042.
- CARVALHO, R.V. et al. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de mistura de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.5, p.1006-1018, 2002.
- CHUNG, Y.L.; LAI, H.M. Water-barrier property of starch films investigated by magnetic resonance imaging. **Cereal Chemistry**, v.82, n.2, p.131-137, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1094/CC-82-0131>>. Acesso em: 25 mar. 2010. doi: 10.1094/CC-82-0131.
- CLERICI, M.T.P.S.; EL-DASH, A.A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1543-1550, 2008. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/site/_adm/upload/revista/32-5-2008_28.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2010.
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2009/2010 sexto levantamento, março 2010**. Brasília: Conab, 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_09.03.10.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2010.
- DORS, G.C. et al. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Vetor**, v.16, n.2, p.63-67, 2006.
- FADINI, A.L. **Coparação da eficiência do processo convencional de torração do cacau frente ao processo por micro-ondas**. 1998. 122f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- GALDEANO, M.C. et al. Propriedades físico-químicas do amido de aveia da variedade brasileira IAC 7. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.4, p.905-910, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n4/31.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2010.
- LIMBERGER, V.M. et al. Modificação química e física do amido de quinoa de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, v.31, n.1, p.84-88, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n1/a18v31n1.pdf>>. Acesso em: 16 jan.2010. doi: 10.1590/S0100-40422008000100018.
- MARTÍNEZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: guia de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema**. 3.ed. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989. 73p.
- MATUDA, T.G. et al. Estudo da influência de emulsificantes sobre os parâmetros de textura da massa congelada de pão francês através de um projeto de mistura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife, PE. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004. 1 CD-ROM.
- MENEGASSI, B. et al. Efeito de parâmetros de extrusão na cor e propriedades de pasta de farinha de mandiocinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1780-792, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a27v31n6.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2010.
- OLIVEIRA T.M. et al. Caracterização do amido de grão-de-bico. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento em Alimentos**, v.27, n.1, p.27-42, 2009. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/viewArticle/14947>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

RING, S.G. Some studies on starch gelation. **Starch/Stärke**, v.3, n.1, p.80-83, 1985. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/star.19850370303/abstract>>. Acesso em 19 dez. 2010. doi: 10.1002/star.19850370303.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**: uma estratégia seqüencial de planejamentos. Campinas: Casa do Pão, 2005. 325p.

TANG, H. et al. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. **Carbohydrate Polymers**, v.49, n.1, p.13-22, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8617\(01\)00292-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00292-2)>. Acesso em: 14 jul. 2010. doi: 10.1016/S0144-8617(01)00292-2.

WANG, Y.-J. et al. Properties and structures of flours and starches from whole, broken, and yellowed rice kernels in a model study.

Cereal Chemistry, v.79, n.3, p.383-386, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.3.383>>. Acesso em: 10 jun. 2010. doi: 10.1094/CCHEM.2002.79.3.383.

YU, Y.; WANG, J. Effect of γ -ray irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of rice. **Food Research International**, v.40, n.2, p.297-303, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.001>>. Acesso em: 11 abr. 2010. doi: 10.1016/j.foodres.2006.03.001.

ZANÃO, C.F.P. et al. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v.29, n.1, p.46-55, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612009000100008>>. Acesso em: 09 maio, 2010. doi: 10.1590/S0101-20612009000100008.