



Qualidade tecnológica de grãos de quatro genótipos de arroz-vermelho

Josianny A. Boêno¹, Diego P. R. Ascheri² & Priscila Z. Bassinello³

RESUMO

Estudou-se, no presente trabalho, a qualidade tecnológica de quatro genótipos de arroz-vermelho para verificar sua adaptação às exigências do mercado consumidor e se determinaram, nos grãos, comprimento, grau de polimento, brancura e transparência, temperatura de gelatinização, teor de amilose, teste de panela, tempo mínimo de cocção, expansão de volume e absorção de água. Os grãos foram classificados como longos e médios. A maioria dos genótipos estudados apresentou teor de amilose intermediário, característica de grãos macios e, após resfriamento, característica de grãos duros e soltos, o que não se previa tendo em vista que o arroz-vermelho costuma apresentar baixo teor de amilose. Todos os genótipos tiveram alta temperatura de gelatinização. O genótipo MNACH0501 reuniu o maior número de características desejáveis em relação à qualidade tecnológica, favoráveis ao atendimento ao consumidor do arroz-vermelho, o que o torna adequado para o lançamento direcionado a esse nicho de mercado.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, qualidade tecnológica, composição química, tecnologia de cereais

Technological quality of four different genotypes of red rice

ABSTRACT

In this work the technological quality of four different genotypes of red rice was studied to verify their adaptation to the requirements of the Brazilian market. The grain length, milling degree, brightness and transparency, temperature of gelatinization, amylose content, cooking quality, minimum cooking time, expansion in volume and water absorption were determined. The grains were classified as medium and long. Most of the studied genotypes showed intermediate levels of amylose, that implies a characteristic of softness after cooking, and hardness and looseness after cooling, which was not expected, once the red rice normally has low levels of amylose. All genotypes had a high gelatinization temperature. The genotype MNACH0501 had the largest number of desirable characteristics for technological quality, attending red-rice consumer's demands, what makes it appropriate to be delivered to this specific and potential market.

Key words: *Oryza sativa*, technological quality, chemical composition, cereal technology

¹ Agroindustrial/CEFET, Fazenda Palmital, Km 2,5, Zona Rural, *Urutaí*, GO. Fone: (64) 3465-1900. Email: josianny@gmail.com

² CPGEA/UEG, BR 153, nº 3.105, Fazenda Barreiro do Meio, CP: 459, *Anápolis*, GO. Fone: (62) 3328-1156. E-mail: ascheridpr@gmail.com

³ LAFQT/Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO-462, km 12, Zona Rural, CP: 179, *Santo Antônio de Goiás*, GO. Fone: (62) 3533-2106. E-mail: prizac@gmail.com

INTRODUÇÃO

O arroz é o cereal mais cultivado e consumido pelo homem, em todos os continentes, porém no Brasil nenhum outro tipo especial de arroz possui maior importância que o arroz-vermelho (Pereira et al., 2009). A denominação arroz-vermelho se deve à coloração avermelhada do pericarpo dos grãos, devido ao acúmulo de antocianina ou de tanino (Agostineto et al., 2001).

As variedades de arroz colorido quase sempre são valorizadas por suas propriedades benéficas à saúde. Descobriu-se que o arroz colorido tem atividade antioxidante e está ganhando popularidade no Japão como alimento funcional, em virtude do elevado teor de polifenóis (Itani & Ogawa, 2004). No Japão, o crescente interesse pelo arroz-vermelho levou ao aparecimento de vários produtos secundários, como macarrão colorido, bolos e bebidas alcoólicas (Pantindol et al., 2006). Além do consumo direto, o arroz-vermelho também vem sendo utilizado como substrato para a proliferação de fungos *Monascus purpureus* cuja pigmentação vermelha é utilizada para a elaboração de pratos típicos (Dufossé et al., 2005; Wang et al., 2005; Ochaikul et al., 2006) e como suplemento alimentar que combate o colesterol (Rajasekaran et al., 2009).

Apesar de tratado como praga no Sul do Brasil e ser, ainda, uma cultura desconhecida da população brasileira, o arroz-vermelho é considerado um dos principais componentes na dieta alimentar das populações que habitam grande parte do semiárido nordestino brasileiro. O arroz-vermelho cultivado no Nordeste pertence à mesma espécie do arroz-vermelho, planta invasora (*Oryza sativa*), cuja diferença é que, botanicamente, um existe já na forma cultivada enquanto o outro é uma forma espontânea, ou seja, enquanto o cultivado vem sendo submetido a um longo processo de seleção, o espontâneo, como o diz o nome, continua uma planta silvestre (Pereira, 2004).

Apesar de se tratar de um produto de boa qualidade alimentar, bastante consumido e integrante de uma rica culinária regional no nordeste brasileiro, são raras as indústrias que trabalham com este produto. O arroz-vermelho está correndo o risco de extinção em virtude da forte concorrência da indústria do arroz branco. É notória a preocupação dos pesquisadores em preservar a viabilidade genética do arroz-vermelho a fim de manter a qualidade do alimento e promover seu melhoramento genético (Pereira, 2004), embora se venha verificando, ultimamente, uma demanda crescente por parte de restaurantes localizados em grandes centros consumidores do Brasil, como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília.

Dada a importância no consumo desse arroz, o Brasil se tem preocupado com a disseminação de novas variedades para o melhoramento da sua qualidade; sendo assim, suas propriedades ainda não foram suficientemente elucidadas, razão pela qual urge estudá-las, principalmente a qualidade tecnológica, de modo a atender às exigências do consumidor quanto à preferência e aceitabilidade como produto comestível.

No presente trabalho objetivou-se estudar as principais propriedades tecnológicas de quatro genótipos de arroz-vermelho cultivados na Região Nordeste do Brasil, para verificar sua adaptação às exigências do mercado consumidor brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Quatro genótipos de arroz-vermelho foram estudados: Tradicional, MNAPB0405, MNACE0501 e MNACH0501, doados pelo Programa de Melhoramento Genético de Arroz-Vermelho da Embrapa Meio-Norte (Teresina, PI). O plantio das amostras foi realizado no sistema irrigado, no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, em julho de 2007 e a colheita ocorreu nas seguintes datas: 29/10/2007, arroz-vermelho Tradicional; 12/11/2007, arroz-vermelho MNAPB0405; 07/11/2007, arroz-vermelho MNACE0501 e 05/11/2007, arroz-vermelho MNACH0501.

Após a colheita 5 kg de cada genótipo de arroz-vermelho foram acondicionados em sacos plásticos e conduzidos ao Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás, GO), onde se realizaram as análises de qualidade dos grãos.

O comprimento de 50 grãos de arroz-vermelho, colhidos aleatoriamente, foi medido com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm da marca Mitutoyo CD-6 C. A média do comprimento dos grãos foi utilizada para sua classificação, de acordo com a Portaria nº 01, do Ministério da Agricultura (Brasil, 1989).

Ainda não se tem um padrão oficial do grau de polimento do arroz-vermelho, razão por que foi necessário utilizar, como referência, o grau de polimento da amostra comercial encontrada no mercado local do Nordeste (controle). Aleatoriamente, utilizou-se o genótipo MNAPB0405 para se otimizar o tempo de beneficiamento no equipamento e só então se obter um tempo definido para que se obtivesse, também, um grão com as características mais próximas do grão comercial. Desta maneira se utilizaram os tempos de polimento de 0, 10, 15, 20, 30 e 40 s. Para o beneficiamento da amostra, 100 g de grãos de arroz-vermelho em casca foram beneficiados em moinho (Suzuki MT-95, São Paulo, Brasil), nos tempos já estabelecidos para este teste; em seguida, utilizou-se o separador de cilindro alveolado pelo tempo de 25 s, para separar os grãos inteiros dos quebrados. Os grãos inteiros foram submetidos ao teste de brancura, transparência e grau de polimento no medidor Satake *Milling Meter* MMB; ficou estabelecido, neste experimento, como padrão para o polimento, o tempo de 15 s considerando-se os resultados lidos no aparelho e a avaliação visual geral das amostras comparadas com o controle. Os valores obtidos do controle e do genótipo MNAPB0405 estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Índices obtidos para arroz-vermelho em diferentes tempos de polimento

Tipo de arroz	Tempo (s)	Brancura (%)	Transparência (%)	Grau de polimento (pontos)
Arroz comercial	*	26,2	0,35	0
	10	22,8	0,61	0
MNAPB0405	15	26,2	0,65	0
	20	19,0	1,20	41
	30	34,1	1,43	63
	40	28,7	1,27	84
Amplitude de leitura	*	15-60	0-9,99	0-199

* Sem tempo de polimento

Os grãos do genótipo MNAPB0405 submetidos aos diferentes tempos de polimento e os grãos polidos da amostra de arroz-vermelho comercial, podem ser vistos na Figura 1.



Figura 1. Genótipo MNAPB0405 em diferentes graus de polimento. Da esquerda para a direita: grãos integrais, grãos polidos por 10, 15, 20, 30, 40, 50 e 60 s de polimento, respectivamente comparados com amostra comercial (acima)

Uma vez determinado o tempo de polimento (15 s), em triplicata, 100 g de grãos de arroz-vermelho em casca de todos os outros genótipos utilizados neste trabalho foram submetidos ao teste de polimento anterior, pesando-se cada fração e o valor final foi dado em porcentagem. Os grãos inteiros foram submetidos ao teste de brancura, transparência e brunimento, no medidor Satake *Milling Meter*.

Os grãos inteiros e polidos foram submetidos às análises para determinação da temperatura de gelatinização, teor de amilose, qualidade culinária (teste de panela), tempo mínimo de cocção, expansão de volume e absorção de água, seguindo-se as metodologias adotadas rotineiramente no Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão, adaptadas de Martínéz & Cuevas (1989). Para determinar a consistência do gel foi utilizada a metodologia descrita por Cagampang et al. (1973).

Fez-se a análise estatística dos dados experimentais utilizados, cujas medidas, neste caso as médias de três repetições, foram expressas em: valor \pm erro padrão. A fim de verificar o efeito que causa o genótipo de arroz (variável

independente) nas propriedades do arroz-vermelho, realizou-se uma análise de variância de fator único (Anova) a nível de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de médias de Tukey adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas utilizou-se o software estatístico Statistic versão 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a legislação brasileira (Brasil, 1989), os grãos inteiros e polidos de arroz-vermelho dos genótipos estudados se classificaram entre longo e médio, por possuírem em média, o comprimento de 6,0 mm (Tabela 2), discordando da classificação feita por Pereira (2004) para outros genótipos de arroz-vermelho, que os relatou como sendo curtos e arredondados. Os grãos dos genótipos tradicional e MNACE0501 são mais longos enquanto os dos genótipos MNAPB0405 e MNACH501 são classificados como grãos de tamanho médio e diferem, segundo o teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

O coeficiente de variação do comprimento foi inferior a 8%, indicando que os grãos desses arrozes não possuem padrão definido em suas dimensões e diferem entre os genótipos, o que torna conveniente a adequação de metodologias que possam definir legalmente a classificação desses grãos beneficiados.

São vários os fatores que contribuem para a quebra do arroz durante o polimento, entre os quais fissuras ocorridas antes da colheita, secagem muito rápida, grãos imaturos, grãos gessados e distribuição da umidade nos grãos (Luz et al., 2005). Considerando esses fatores, ao arroz branco em casca é atribuída uma renda base de 68,0% quando constituído de um rendimento de 40,0 e 28,0% de grãos inteiros e quebrados, respectivamente, apurados depois do produto descascado e polido (Brasil, 1989). Comparando esses rendimentos, a renda média de beneficiamento (72,8%) e os rendimentos médios de grãos inteiros (64,2%) e quebrados (8,75%) do arroz-vermelho dos genótipos estudados (Tabela 2) foram superiores, assim como o foram quando comparados com a renda de beneficiamento e o rendimento de grãos quebrados do arroz-vermelho no Japão, que frequentemente é de 60% ou menos de 30 a 40%, respectivamente (Itani, 2000).

Tabela 2. Valores médios e erro padrão do comprimento e classificação, renda de beneficiamento e porcentagem de grãos inteiros, quebrados, brancura e transparência dos grãos beneficiados de arroz-vermelho de diferentes genótipos

Genótipo	Comprimento ¹ (mm)	Classe	Renda de beneficiamento ²		Grãos quebrados ²	Brancura do grão ²	Transparência do grão ²
			Grão inteiros ²	(%)			
Tradicional	6,3 \pm 0,0 a	Longo	73,4 \pm 2,0	64,8 \pm 2,1	8,6 \pm 0,3 b	30,1 \pm 2,0 a	0,5 \pm 0,1 b
MNAPB0405	5,6 \pm 0,0 b	Médio	74,7 \pm 0,2	62,8 \pm 0,3	11,9 \pm 0,4 a	15,7 \pm 0,1 c	0,9 \pm 0,1 a
MNACE0501	6,4 \pm 0,1 a	Longo	72,1 \pm 0,1	63,7 \pm 0,1	8,4 \pm 0,4 b	22,6 \pm 0,6 b	0,3 \pm 0,0 b
MNACH0501	5,6 \pm 0,0 b	Médio	71,1 \pm 0,5	65,4 \pm 0,2	5,7 \pm 0,3 c	25,5 \pm 1,4 ab	0,5 \pm 0,1 b
Média	6,0 \pm 0,0	-	72,8 \pm 0,8	64,2 \pm 0,6	8,7 \pm 1,3	23,5 \pm 3,0	0,6 \pm 0,1
CV (%)	7,9	-	1,6	1,2	2,5	6,0	0,3

¹ Valores médios de 50 repetições

² Valores médios de três repetições; - sem classe

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A renda de beneficiamento e o rendimento de grãos inteiros dos diferentes genótipos de arroz-vermelho foram estatisticamente iguais ($p > 0,05$); entretanto, tradicional e MNAPM0405 apresentaram numericamente os maiores rendimentos; estatisticamente, houve diferenças no rendimento de grãos quebrados ($p < 0,05$) detectando-se o maior e o menor valor em MNAPB0405 (11,89%) e em MNACH0501 (5,75%), respectivamente, com rendimento intermediário para tradicional e MNACE0501 (8,5%, em média).

Segundo Luz et al. (2005), os graus de brancura e de transparência do arroz branco polido por 20 s foram de 35,6 e de 1,91%, respectivamente superiores, portanto, aos encontrados para os genótipos de arroz vermelho (Tabela 2) que se encontram entre 15,7 a 30,1% e 0,3 a 0,9%, respectivamente. O arroz-vermelho tradicional apresentou maior grau de brancura mas não diferiu estatisticamente de MNACH0501 e este, por sua vez, de MNACE0501 ($p > 0,05$). O menor grau de brancura foi apresentado pelo genótipo MNAPB0405. Em relação à transparência, apenas MNAPB0405 se apresentou diferente dos demais genótipos ($p < 0,05$).

Houston (1972) afirma que o grau de polimento é dado em relação à quantidade de farelo removida do grão tendo-se, geralmente, quatro graus de polimento entre bem polido e não polido; entretanto, não existe uma definição precisa desses termos; assim, o grau de polimento é determinado, comumente, por inspeção visual ou por meio de aparelhos óticos.

Apesar de, visualmente, os grãos de arroz não polidos serem diferentes em relação à coloração das amostras que passaram por 15 s de polimento, o aparelho ótico utilizado não conseguiu detectar a diferença do grau de polimento das amostras de arroz-vermelho estudadas; sugere-se, então, que haja mais estudos para aperfeiçoar o equipamento ótico para que ele possa distinguir os diferentes graus de polimento com menores tempos de polimento ou que seja adotado um colorímetro de boa precisão para diferenciação da intensidade de cor entre amostras diferentemente polidas ou inerentemente diferentes entre si. A pigmentação presente no farelo remanescente do grão semi-polido também pode influenciar esses resultados.

Portanto, uma das alternativas para este fim seria o estudo dos parâmetros a, L, b (vermelho, luminosidade e amarelo) de cor do grão em colorímetro calibrado para definir o padrão ideal do polimento do arroz-vermelho, evitando-se erros de interpretação dos parâmetros visuais (translucidez e brancura) devido à pigmentação. Ressalta-se que as dificuldades

metodológicas enfrentadas decorrem da falta de padronização para o arroz-vermelho tendo-se que adaptar metodologias adotadas para o branco, como tentativa de caracterização da qualidade do grão.

Maiores teores de amido estão são encontrados nos genótipos tradicional e MNAPB0405 e, estatisticamente, estes não diferiram entre si ($p > 0,05$) (Tabela 3) e estão próximos dos teores de amido reportados por Storck et al. (2005) para arroz branco polido (90% em matéria seca). Os menores teores de amido estão presentes nos genótipos MNACH0501 cujos valores não diferiram entre si ($p > 0,05$).

No Brasil, sobretudo nos grandes centros urbanos, a preferência tem sido pelo arroz de grãos longos e finos (popularmente conhecido como agulhinha), que se avoluma na panela e permanece solto e macio depois do cozimento (Pereira & Rangel, 2001). Esta propriedade está relacionada com o teor de amilose, ou seja, quanto maior for este tanto mais secos e mais separados ficarão os grãos depois de cozidos (Elias et al., 2003). Assim, os genótipos de arroz-vermelho podem ser classificados, quanto ao teor de amilose, como baixo teor (< 21%), intermediário (21 a 25%) e de alto teor (> 25%), segundo Juliano et al. (1990). Os genótipos Tradicional, MNAPB0405 e MNACE0501, mostraram teores intermediários de amilose (entre 24,1 e 26,1%), o que caracteriza os seus grãos como secos e soltos depois da cocção e macios durante o reaquecimento. O genótipo MNACH0501 apresentou baixo teor de amilose (14,6%) e seus grãos se caracterizam como macios aquosos e pegajosos durante a cocção. Este último era esperado, pois, segundo Pereira (2009), genótipos de arroz-vermelho têm como característica, grãos pegajosos e, como tal, o usual é que eles apresentassem baixos valores de amilose.

De acordo com Guimarães (1989), a avaliação da temperatura de gelatinização é feita obedecendo a uma escala de dispersão alcalina de 1 a 7, que corresponde às temperaturas de gelatinização: 1-2 = 75 a 79 °C (alta); 3-5 = 70 a 74 °C (intermediária) e 6-7 = 55 a 69 °C (baixa) e Pereira et al. (2004) relata que grãos de arroz com temperatura de gelatinização intermediária e baixa requerem menos tempo de cocção; entretanto, grãos de arroz com temperatura de gelatinização entre 75 a 79 °C requerem mais água e tempo para cozinhar. Tais afirmações parecem não se aplicar ao arroz-vermelho, pois, na Tabela 3, se observa que os genótipos MNACE0501 e MNACH0501 apresentaram temperatura de gelatinização intermediária (64 a 79 °C) e alta (74 a 79 °C), respectivamente;

Tabela 3. Valores médios e erro padrão dos teores de amido e amilose, temperatura de gelatinização, tempo mínimo de cocção, consistência do gel, expansão de volume e absorção de água dos grãos de diferentes genótipos de arroz-vermelho*

Genótipo	Amido (%) ¹	Amilose (%) ¹	Temperatura de gelatinização (°C)	Tempo de cocção (min)	Consistência do gel (mm)	Absorção de água (%) ²	Expansão de volume (dL L ⁻¹)
Tradicional	89,1±0,9 a	26,1±0,3 a	69 a 79	30,0±0,0 a	46,0±0,6 a	225,1 ± 5,5 a	5,5±0,1 b
MNAPB0405	86,4±2,2 ab	25,7±0,2 a	74 a 79	20,0±0,0 c	44,7±0,3 a	228,2 ± 6,6 a	5,5±0,3 b
MNACE0501	81,7±2,1 b	24,1±0,1 b	69 a 79	27,7±0,6 b	43,3±3,3 a	224,6 ± 3,0 a	7,0±0,4 a
MNACH0501	82,8±3,2 b	14,6±0,1 c	74 a 79	28,0±0,6 b	44,7±3,8 a	182,8 ± 7,2 b	3,8±0,1 c
Média	85,0±1,1	22,6±1,4	-	26,4±1,2	44,7±1,1	215,2 ± 6,2	5,5±0,4
CV (%)	4,3	21,7	-	15,2	8,7	9,9	22,6

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey

* Valores médios de três repetições

¹ Porcentagem em base seca

² Porcentagem em base úmida

- Não calculado

no entanto, apresentaram tempos de cocção estatisticamente iguais ($p < 0,05$); já os genótipos tradicional e MNAPB0405 apresentaram, respectivamente, essas mesmas faixas de temperatura de gelatinização, verificando-se uma diferença de 10 min a mais no tempo de cocção para menor temperatura de gelatinização. Por outro lado, genótipos com as mesmas temperaturas de gelatinização apresentaram diferentes tempos de cocção como foi o caso do tradicional (30,0 min) e do MNACE0501 (27,7 min); ainda maior foi a diferença entre os genótipos MNAPB0405 e MNACH0501, cujos tempos mínimos de cocção foram de 20,0 e 28,0 min, respectivamente.

Entre os genótipos de arroz-vermelho estudados não se observaram diferenças nos valores de consistência de gel ($p > 0,05$); a média geral deste parâmetro foi de 44,7 mm, sendo caracterizada como consistência de gel intermediária. Cagampang et al. (1973) relatam que arrozes com consistência de gel intermediária (35-49 mm) se apresentam macios após cocção e resfriamento.

Para o teste de absorção de água, apenas o genótipo MNACH0501 diferiu estatisticamente dos demais ($p > 0,05$), mostrando que este tem baixa capacidade de absorção de água e de expansão de volume.

Embora estatisticamente não se tenha detectado diferenças entre os tempos de cocção no teste de panela (Tabela 4), o arroz-vermelho tradicional e o MNACE0501 apresentaram o menor e o maior tempo de cocção (35 e 40 min), respectivamente, enquanto os genótipos MNAPB0405 e MNACH0501 necessitaram apenas de 1,5 e 3 min a mais, com respeito ao tempo de cocção do arroz-vermelho tradicional. Os tempos de cocção obtidos foram maiores que os encontrados em arroz branco, de 14,5 a 25,0 min (Dipti et al., 2002). Isto pode ser devido à característica do arroz-vermelho ser parcialmente polido.

Tabela 4. Valores médios e erro padrão de pegajosidade (Pg), textura (Tx), rendimento (Rn), tempo de cocção (Tc) e quantidade de água (Qa) para cocção dos grãos de diferentes genótipos de arroz-vermelho cozido*

Genótipo	Tc (min)	Rn (%)	Pg	Tx	Qa (mL)
Tradicional	35,0 ± 0,5 b	200,0 ± 0,0 b	S	M	190,0 ± 27,4 a
MNAPB0405	36,5 ± 1,5 ab	250,0 ± 0,0 a	S	D	166,6 ± 13,7 a
MNACE0501	40,0 ± 0,5 a	236,6 ± 7,2 a	LP	D	190,0 ± 27,4 a
MNACH0501	38,0 ± 3,0 ab	175,0 ± 14,4 b	P	M	190,0 ± 27,4 a
Média	37,4 ± 0,7	215,4 ± 9,6	-	-	184,1 ± 11,0
CV (%)	6,7	15,4	-	-	20,7

* Valores médios de duas repetições; S – separado; MS – Muito separado; LP – Ligeiramente pegajoso; P – pegajoso; D – duro; M – macio

Comparando o tempo mínimo de cocção estimado pelo teste indireto com o tempo real obtido durante o teste de panela, pode-se observar que neste último o tempo geral de cocção foi maior, esperado, já que os métodos utilizados são diferentes; por um lado, o teste de panela o tempo de cocção é o ideal para que a amostra se apresente totalmente cozida, submetida ao fogo baixo para o “vapor de água” agir nos grãos e gelatinizar o amido; por outro, na determinação do tempo mínimo de cocção os grãos de arroz estão embebidos em água em ebulição e a cada 10 min de aquecimento se retiram amostras, fazendo com que os demais grãos em cozimento permaneçam ainda mais

embebidos em água quente, favorecendo a gelatinização do amido em menos tempo de cocção.

A expansão de volume (Tabela 3) dá idéia ou indicação sobre o rendimento do arroz, enquanto o rendimento de panela (Tabela 4) é o teste que reproduz a situação real da preparação do arroz, razão por que era esperada uma relação direta entre os dois parâmetros, como ocorre com o genótipo MNACH0501, que apresentou menores valores de expansão de volume (3,8 dL L⁻¹) e de rendimento de panela (175%); contudo, esta relação não acontece com os demais genótipos. O MNACE0501 apresentou a maior expansão de volume (7,0 dL L⁻¹) e um rendimento intermediário (236,6%).

Mais acentuada, a contradição foi observada para o genótipo MNAPB0405, que apresentou rendimento maior no teste de panela (250%) embora sua expansão de volume não tenha sido tão elevada (5,5 dL L⁻¹), possivelmente por ter tido um tempo de cocção bem maior que seu tempo mínimo estimado, podendo ter ocorrido uma absorção maior de água pelo grão (228,25%), fazendo com que seu rendimento também fosse maior.

Embora não tenha havido diferenças significativas nos valores de expansão de volume ($p > 0,05$) entre os genótipos tradicional e MNAPB0405, estes mostraram diferenças no rendimento de panela, sendo MNAPB0405 superior em 50% ($p < 0,05$).

Com exceção da variedade MNACH0501, que apresentou grãos pegajosos (Tabela 4), todos os outros genótipos apresentaram grãos cozidos soltos, mas a MNACE0501, possui característica de grãos ligeiramente pegajosos.

A mesma observação pode ser feita para o atributo textura, isto é, MNACH0501 apresentou grãos cozidos macios, enquanto os outros genótipos mostraram características de arroz cozido duro, com exceção do arroz-vermelho Tradicional, que se apresentou como arroz macio, porém com centro firme.

CONCLUSÕES

1. O tempo de cocção adequado para o arroz-vermelho é igual ou superior a 30 min, proporcionando grãos totalmente cozidos, soltos e macios.
2. As características de qualidade de grãos obtidas para o arroz-vermelho se assemelham, em sua maioria, àquelas desejáveis para o consumidor de arroz branco.
3. Alguns ajustes e/ou substituições de metodologias para avaliação da qualidade de grãos de arroz-vermelho, devem ser considerados para futuros testes.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Meio Norte, pelo fornecimento das amostras, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa (Capes).

LITERATURA CITADA

Agostinetto, D.; Fleck, M. A.; Rizzardi, M. A.; Merotto Júnior, A.; Vidal, R. A. Arroz vermelho: Ecofisiologia e estratégias de controle. *Ciência Rural*, v.31, p.341-349, 2001.

- Brasil. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional do Abastecimento. Portaria N° 01, de 9 de janeiro de 1989. Prorrogar, para 1° de fevereiro de 1989, a entrada em vigor da Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz, aprovada pela Portaria n° 269, de 17 novembro de 1988. Diário Oficial da União, Brasília, p.755, 13 jan. 1989, Seção I.
- Cagampang, G. B.; Perez, C. M.; Juliano, B. O. A gel consistency test for eating quality of rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.24, p.1589-1594, 1973.
- Dipti, S. S.; Hossain, S. T.; Bari, M. N.; Kabir, K. A. Physicochemical and cooking of some fine rice varieties. *Pakistan Journal of Nutrition*, v.1, p.188-190, 2002.
- Dufossé, L.; Galaup, P.; Yaron, A.; Arad, S. M.; Blanc, P.; Chidambara Murthy, K. N.; Ravishankar, G. A. Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality? *Trends in Food Science & Technology*, v.16, p.389-406, 2005.
- Elias, M. C.; Conrad, V. J. D.; Aosani, E.; Oliveira, M. Arroz: gerenciamento operacional define a qualidade. *Seed News*, v.7, p.12-14, 2003.
- Guimarães, E. P. Qualidade de grão em arroz. Goiânia: Embrapa CNPAF, 1989. 14p.
- Houston, D. F. Rice-chemistry and technology. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972. p.113-150.
- Itani, T. Red rice purple-black rice and aromatic rice: cultivars cultivation processing and utilization of "ancient rice". *Nobunryo*, p.160-166, 2000.
- Itani, T.; Ogawa, M. History and recent trends of red rice in Japan. *Japanese Journal of Crop Science*, v.73, p.137-147, 2004.
- Juliano, B. O.; Perez, C. M.; Kaosa-Ard, M. Grain quality characteristics of export rices in selected markets. *Cereal Chemistry*, v.67, p.192-197, 1990.
- Luz, C. A. S.; Luz, M. L. G. A. S.; Bizzi, L. T.; Falk, C. L.; Isquierdo, E. P.; Loregian, R. Relações granulométricas no processo de brunimento de arroz. *Engenharia Agrícola*, v.25, p.214-221, 2005.
- Martínez, C.; Cuevas, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditutorial sobre el mismo tema. 3.ed. Cali: CIAT, 1989. 73p.
- Ochaikul, D.; Chotirittikrai, K.; Chantra, J.; Wutigornsombatkul, S. Studies on fermentation of *Monascus purpureus* TISTR 3090 with bacterial cellulose from *Acetobacter xylinum* TISTR 967. *KMITL. Science and Technology Journal*, v.6, p.13-17, 2006.
- Pantindol, J.; Flowers, A.; Kuo, M.; Wang, Y.; Gealy, D. Comparison of physicochemical properties and starch structure of red rice and cultivated rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.54, p.2712-2718, 2006.
- Pereira, J. A. O arroz-vermelho cultivado no Brasil. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 90p.
- Pereira, J. A.; Bassinello, P. Z.; Cutrim, V. A.; Ribeiro, V. Q. Comparação entre características agrônômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. *Caatinga*, v.22, p.243-248, 2009.
- Pereira, J. A.; Rangel, P. H. N. Produtividade e qualidade de grãos de arroz irrigado no Piauí. *Ciência e Agrotecnologia*, v.25, p.569-575, 2001.
- Rajasekaran, A.; Kalaivani, M.; Sabitha, R. Anti-diabetic activity of aqueous extract of *Monascus purpureus* fermented rice in high cholesterol diet fed-Streptozotocin-induced diabetic rats. *Asian Journal of Scientific Research*, v.2, p.180-189, 2009.
- Storck, C. R.; Silva, L. P.; Fagundes, C. A. A. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.18, p.333-341, 2005.
- Wang, Y. Z.; Ju, X. L.; Zhou, Y. G. The variability of citrinin production in *Monascus* type cultures. *Food Microbiology*, v.22, p.145-148, 2005.