

Efeitos da temperatura de armazenamento sobre as propriedades tecnológicas e sensoriais de arroz integral de pericarpo pardo, preto e vermelho

RESUMO

O armazenamento do arroz é imprescindível para atender a demanda das indústrias de beneficiamento e consumidores. Com isso, objetivou-se com o estudo, avaliar os efeitos do tempo e da temperatura de armazenamento de grãos de arroz integral de pericarpo pardo, preto e vermelho sobre o percentual de grãos manchados, ardidos e amarelos, o perfil colorimétrico, os rendimentos gravimétrico e volumétrico e os parâmetros sensoriais. Grãos de arroz integral, com pericarpo pardo, preto e vermelho foram armazenados com 13 % de umidade, nas temperaturas de 16, 24, 32 e 40 °C, durante 6 meses. Após 6 meses de armazenamento, na temperatura de 40 °C, observou-se os maiores incrementos de grãos amarelos, o que reduz a tipificação dos grãos, com redução do valor L^* , e aumentos nos valores de a^* e b^* para os grãos com pericarpo pardo e preto e redução dos valores de L^* , a^* e b^* para os grãos com pericarpo vermelho. Grãos com pericarpo pardo, armazenados a 40 °C apresentaram aumento nos rendimentos gravimétrico e volumétrico e os grãos com pericarpo vermelho apresentaram aumento no rendimento volumétrico no armazenamento a 40 °C, em relação ao início do armazenamento. Os parâmetros de firmeza, sabor, aceitação e intenção de compra, apresentaram as melhores avaliações nos grãos com pericarpo pardo e vermelho, armazenados a 24 °C. Em geral, o armazenamento dos grãos de arroz integral na faixa de temperatura entre 16 e 24 °C é o que proporciona as menores alterações dos parâmetros avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Arroz, Armazenamento, Grãos amarelos, Parâmetros sensoriais.

Valmor Zieglervamzler@hotmail.comUniversidade Federal de Pelotas, Pelotas,
Rio Grande do Sul, Brasil**Cristiano Dietrich Ferreira**cristiano.d.f@hotmail.comUniversidade Federal de Pelotas, Pelotas,
Rio Grande do Sul, Brasil**Jorge Tiago Schwanz Goebel**jorge.goebel@gmail.comUniversidade Federal de Pelotas, Pelotas,
Rio Grande do Sul, Brasil**Alvaro Batista**abobatista@gmail.comUniversidade Federal de Pelotas, Pelotas,
Rio Grande do Sul, Brasil**Daiane Kroning**daianekroning@gmail.comUniversidade Federal de Pelotas, Pelotas,
Rio Grande do Sul, Brasil**Moacir Cardoso Elias**eliasmc@uol.com.brUniversidade Federal de Pelotas, Pelotas,
Rio Grande do Sul, Brasil

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um alimento básico para mais de 60 % da população mundial, sendo vital para a segurança alimentar dessa população, estando entre os três cereais mais produzidos e consumidos internacionalmente, figurando apenas atrás do trigo e do milho. Os grãos de arroz possuem uma composição química constituída de carboidratos (principalmente amido), proteínas, lipídios, vitaminas e minerais e vem se popularizando cada vez mais devido as suas propriedades nutricionais benéficas a saúde dos consumidores (HEINEMANN *et al.*, 2005; GUNARATNE *et al.*, 2013; WEI *et al.*, 2007). Nesse contexto, o arroz pigmentado (pericarpo preto ou vermelho), que representa de 2 a 3 % do total produzido, vem ganhando espaço, devido a sua alta concentração de compostos bioativos e nutracêuticos (FINOCCHIARO; FERRARI; GIANINETTI, 2010; SOMPONG *et al.*, 2011), atendendo a nichos específicos de mercado.

O Brasil produziu 12,4 milhões de toneladas de arroz na safra de 2014/2015 sendo o nono maior produtor mundial desse grão (CONAB, 2015). A produção desses grãos ocorre em épocas específicas do ano e, por isso, precisam ser armazenados por longos períodos para atender a demanda das indústrias de beneficiamento ou para aguardar o momento mais oportuno, em termos econômicos, para serem comercializados. Para isso, devem ser mantidas as características que os grãos possuem imediatamente após a colheita, tais como a viabilidade de sementes, a qualidade industrial e as propriedades nutritivas (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992). Entretanto, independentemente da espécie, do depositante ou das características do local, perdas poderão ocorrer durante a permanência do produto no armazém (FARONI *et al.*, 2005).

Durante o armazenamento dos grãos ocorre uma série de reações físico-químicas, bioquímicas e metabólicas, onde as reservas energéticas dos grãos, como amido, proteínas e lipídios são hidrolisadas, transportadas e resintetizadas, formando compostos de defesa e produtos de degradação desses constituintes dos grãos (AGUIAR *et al.*, 2012; PEREZ-GARCIA; GONZALEZ-BENITO, 2006; SANTOS; MENEZES; VILLELA, 2004), sendo que a velocidade com que essas reações são desdobradas é diretamente influenciada pelo sistema de armazenamento, pela qualidade inicial dos grãos, pelo teor de umidade, pela temperatura e umidade do ar no ambiente de armazenamento, afetando diretamente as propriedades físico-químicas, tecnológicas e sensoriais dos grãos (TANANUWONG; MALILA, 2011; CHEN *et al.*, 2015; PARK *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2014). O mesmo grão armazenado em diferentes condições pode ser infectado por diferentes organismos (LACEY; HAMER; MAGAN, 1994; PRONYK *et al.*, 2004). Isso explica diferentes taxas respiratórias entre diferentes condições de armazenamento, cultivares, quantidade de grãos e tempo de armazenamento (CANTONE *et al.*, 1983). Segundo Bemiller e Whistler (2009), grãos armazenados com umidade acima de 14,5 % podem resultar no desenvolvimento de mofo se a temperatura dos grãos ultrapassarem a faixa entre 22-24 °C durante um longo período de tempo.

O consumo de arroz integral vem ganhando importância nas últimas décadas por ser mais saudável aos consumidores que o arroz polido e, ao se tratar de arroz pigmentado, o consumo é realizado praticamente na totalidade na forma integral, no entanto, poucos estudos têm sido realizados com o armazenamento

desses grãos. Nesse contexto, considerando a importância do arroz para a segurança alimentar e o crescimento do consumo de arroz pigmentado, devido as suas propriedades benéficas a saúde dos consumidores, esse trabalho objetivou avaliar os efeitos do tempo e da temperatura de armazenamento de grãos de arroz integral de pericarpo pardo, preto e vermelho sobre o percentual de grãos manchados, ardidos e amarelos, o perfil colorimétrico, os rendimentos gravimétrico e volumétrico e os parâmetros sensoriais.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL E ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS

As cultivares de arroz de pericarpo pardo (IRGA 417), preto (IAC-600) e da linhagem de arroz vermelho (MPB-10) foram cultivadas em sistema irrigado no município de Jaguarão (Latitude: 32° 33' 37" Sul, Longitude: 53° 22' 52" Oeste e altitude de 23 metros), Rio Grande do Sul, Brasil. Os grãos de arroz foram colhidos com teor de umidade aproximada de 20 % e transportados para o Laboratório de Pós-colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos da Universidade Federal de Pelotas, onde foram submetidos às etapas de limpeza e secagem até umidade de 13 %. Posteriormente os grãos foram tratados com fosfato de alumínio para evitar a interferência de insetos durante o experimento. Em seguida os grãos foram descascados em equipamento Zaccaria (Type PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brazil) e acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade com 0,2mm de espessura e capacidade de 0,9Kg e armazenados nas temperaturas de 16, 24, 32 e 40 °C em triplicata, durante 6 meses. Os grãos foram cobertos com papel alumínio para bloquear a luz. A cada dois meses os sacos foram abertos para troca do ar no ambiente de armazenamento, caracterizando um sistema semi-hermético de armazenamento. Foram coletadas amostras, no início do armazenamento e após 6 meses para a realização das análises.

GRÃOS MANCHADOS, ARDIDOS E AMARELOS

A quantificação dos grãos manchados, ardidos e amarelos foram realizados de acordo com os parâmetros estabelecidos na Instrução Normativa MAPA N° 06, de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009). Os grãos de arroz integrais foram polidos em engenho de provas (Type PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brazil), com retirada de 7 a 11 % de farelo. Os grãos *manchados* são definidos como “o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar mancha escura ou esbranquiçada, perfurações ou avarias, provocadas por pragas ou outros agentes, desde que visíveis a olho nu, bem como as manchas escuras provenientes de processo de fermentação em menos de $\frac{1}{4}$ (um quarto) da área de grão”. Os grãos *ardidos* são definidos como “o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar, no todo ou em parte, coloração escura proveniente do processo de fermentação em mais de $\frac{1}{4}$ (um quarto) da sua área”. Os grãos *amarelos* são definidos como “o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar coloração amarela no todo ou em parte variando de amarelo claro ao amarelo

escuro e que contrasta com a amostra de trabalho”. Os resultados foram expressos em percentual (%) para cada parâmetro.

PERFIL COLORIMÉTRICO DOS GRÃOS

O perfil colorimétrico dos grãos de arroz integral foi determinado utilizando um colorímetro (Minolta, CR-310, Osaka, Japan). Os parâmetros utilizados são o L^* (100 = branco e 0 = preto), a^* (positivo = vermelho e negativo = verde) e b^* (positivo = amarelo e negativo azul).

RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO E VOLUMÉTRICO

Os rendimentos gravimétrico e volumétrico foram realizados de acordo metodologia descrita por Arns *et al.* (2014), realizados com os grãos integrais e “após a cocção”. Os grãos de arroz foram cozidos em panelas de alumínio adaptadas, nas quais foram pesados 35 g de grãos, sendo seu volume determinado em proveta. Foram adicionados 106 mL de água na temperatura de 98 ± 1 °C, o que representa uma proporção de 2,4 (volume de água:arroz), sendo as amostras cozidas em tempo pré-determinado (pardo – 23 min, vermelho – 29 min e preto – 32 min). Após cozidas, as amostras foram deixadas em repouso durante 30 min na temperatura de 25 ± 1 °C, para determinação do peso (utilizando uma balança analítica) e volume (utilizando um paquímetro) dos grãos após a cocção. O rendimento gravimétrico foi calculado pelo quociente entre o peso final do arroz cozido e o peso inicial do arroz cru, enquanto o rendimento volumétrico é obtido pelo quociente entre o volume final do arroz cozido e o volume inicial do arroz cru. Os rendimentos gravimétrico e volumétrico foram expressos em percentagem (%).

ANÁLISE SENSORIAL

A avaliação sensorial dos grãos de arroz após a cocção foi realizada de acordo com metodologia proposta por Dutcosky (1996). Foram selecionados 50 provadores não treinados, de ambos os sexos, com idade entre 15 e 45 anos, ao acaso, entre funcionários, alunos e visitantes da Universidade Federal de Pelotas, com base no interesse e na disponibilidade de participar dos testes sensoriais. As amostras foram cozidas de acordo com o tempo previamente estabelecido, com proporção de água:arroz de 2,4 (volume) e, imediatamente após a cocção foram fornecidas aos provadores. Para a avaliação, empregou-se um painel contendo uma escala não estruturada de nove pontos, onde o ponto 1 corresponde a “desgostei muitíssimo” e o ponto 9 corresponde a “gostei muitíssimo”, com termos descritivos, caracterizando os atributos de cor, odor, solubilidade, firmeza, sabor e aceitação. A intenção de compra foi determinada em uma escala de 5 pontos, onde 1 corresponde a “definitivamente não compraria” e 5 corresponde a “definitivamente compraria”. Os avaliadores recebiam as amostras em painéis individuais, com codificação alfanumérica de três números para cada tratamento, com o objetivo de comparação entre os tratamentos avaliados. Após a análise, os resultados foram expressos pela média dos 50 julgadores.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata, exceto a sensorial e os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística com análise de variância ANOVA, seguida de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TEOR DE GRÃOS MANCHADOS, ARDIDOS E AMARELOS

O teor de grãos manchados, ardidos e amarelos em grãos de arroz com pericarpo pardo, preto e vermelho armazenados em quatro temperaturas, durante 6 meses, é apresentado na Tabela 1. O teor de grãos manchados, no início do armazenamento, foi de 0,17, 0,04 e 0,03 %, respectivamente nos grãos com pericarpo pardo, preto e vermelho, sendo que para os grãos com pericarpo pardo não houve alterações ($p < 0,05$) com o tempo e a temperatura de armazenamento. Para os grãos com pericarpo preto houve aumento ($p < 0,05$) de grãos manchados após 6 meses de armazenamento apenas na temperatura de 32 °C e para os grãos com pericarpo vermelho houve aumento ($p < 0,05$) de grãos manchados apenas no armazenamento a 40 °C. Aumento de grãos manchados também foi observado por Silva *et al.* (2014), no armazenamento de grãos de arroz pardo em casca, com 12 % de umidade, na temperatura de 25 °C, durante 9 meses. O aumento de grãos manchados, nas temperaturas de 32 e 40 °C é resultado da ação de microrganismos que se desenvolvem ao longo do armazenamento e do metabolismo do grão, dessa forma, observa-se que a utilização de temperaturas de refrigeração (16 °C), reduz a incidência da maioria dos microrganismos responsáveis pelo aumento de grãos manchados e reduz a velocidade das reações metabólicas dos grãos.

O teor de grãos ardidos, no início do armazenamento, foi de 0,02, 0,01 e 0,01 %, respectivamente para grãos com pericarpo pardo, preto e vermelho, sendo que para os grãos com pericarpo preto e vermelho não foram observadas alterações ($p < 0,05$) em função do tempo e da temperatura de armazenamento. Para os grãos com pericarpo pardo houve aumento ($p < 0,05$) após os 6 meses de armazenamento para as quatro temperaturas testadas, sem diferenças ($p < 0,05$) entre elas. Morás *et al.* (2014) verificaram aumento dos defeitos metabólicos (manchados, picados, amarelos e ardidos) em grãos de arroz pardo, armazenados em casca com 13 % de umidade, na temperatura de 25 °C, após 6 meses.

Os grãos com pericarpo pardo e vermelho não apresentaram grãos amarelos no início do armazenamento, enquanto que os grãos com pericarpo preto apresentaram 0,19 %, o que conseqüentemente proporcionou o maior aumento desse defeito durante o período de armazenamento. Após 6 meses de armazenamento houve aumento ($p < 0,05$) de grãos amarelos, principalmente no armazenamento a 40 °C, independente da coloração do pericarpo. Aumento de grãos amarelos também foi verificado por Silva *et al.* (2013) no armazenamento de grãos de arroz pardo em casca com 12 % de umidade, durante 6 meses. O aumento de grãos amarelos, principalmente no armazenamento a 32 e 40 °C, é

resultado de reações enzimáticas e oxidativas, além da ocorrência de reação não enzimática do tipo Maillard, a qual da origem a compostos escuros denominados de melanoidinas (KIM, CHO, 1993; CHEN *et al.*, 2015).

Tabela 1 - Teor de grãos manchados, ardidos e amarelos em grãos de arroz com pericarpo pardo, preto e vermelho, armazenados em quatro temperaturas durante 6 meses.

Temperatura (°C) ^a	Manchados (%)	Ardidos (%)	Amarelos (%)
Pardo			
Inicial	0,17 ± 0,05 a	0,02 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 d
16	0,27 ± 0,06 a	0,05 ± 0,01 a	0,04 ± 0,00 cd
24	0,28 ± 0,03 a	0,05 ± 0,00 a	0,08 ± 0,03 c
32	0,22 ± 0,04 a	0,06 ± 0,00 a	0,38 ± 0,03 b
40	0,23 ± 0,05 a	0,07 ± 0,02 a	0,58 ± 0,02 a
Preto			
Inicial	0,04 ± 0,00 b	0,01 ± 0,00 a	0,19 ± 0,05 c
16	0,05 ± 0,01 ab	0,02 ± 0,01 a	0,20 ± 0,02 c
24	0,03 ± 0,01 b	0,03 ± 0,01 a	0,43 ± 0,01 c
32	0,08 ± 0,00 a	0,03 ± 0,02 a	0,77 ± 0,18 b
40	0,05 ± 0,02 ab	0,03 ± 0,01 a	1,15 ± 0,09 a
Vermelho			
Inicial	0,03 ± 0,02 b	0,01 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 c
16	0,02 ± 0,00 b	0,01 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 c
24	0,04 ± 0,02 b	0,01 ± 0,00 a	0,05 ± 0,00 c
32	0,05 ± 0,00 b	0,01 ± 0,00 a	0,11 ± 0,01 b
40	0,10 ± 0,01 a	0,01 ± 0,00 a	0,35 ± 0,03 a

^a Para grãos de arroz de pericarpo pardo, preto e vermelho, médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

De acordo com a IN MAPA N°6 de 2009, para o arroz ser considerado de Tipo 1, o percentual de grãos amarelos deve ser de até 0,50 %, para o Tipo 2 até 1,00 % e para o tipo 3 até 2,00 %. Dessa forma, observa-se que os grãos de arroz com pericarpo pardo armazenados a 40 °C e com pericarpo preto armazenados a 32 °C, se enquadram no Tipo 2 e os grãos de arroz com pericarpo preto armazenados a 40 °C se enquadram como Tipo 3. A redução da qualidade dos grãos, verificado pela mudança de tipo, representa redução no valor econômico, demonstrando assim, a importância da utilização de temperaturas de refrigeração (16 °C) para que ocorra as mínimas alterações no percentual de defeitos dos grãos.

PERFIL COLORIMÉTRICO

Os resultados obtidos para o perfil colorimétrico de grãos de arroz com pericarpo pardo, preto e vermelho armazenados em quatro temperaturas, durante 6 meses estão apresentados na Tabela 2. Para os grãos com pericarpo pardo, observa-se redução (p<0,05) do valor *L**, no armazenamento a 32 e 40 °C, em relação ao início do armazenamento. Para os grãos com pericarpo preto,

observa-se redução ($p < 0,05$) do valor L^* após 6 meses de armazenamento, independente da temperatura e para os grãos com pericarpo vermelho, observa-se redução do valor L^* , no armazenamento a 24, 32 e 40 °C, em relação ao início do armazenamento.

Alterações na coloração de grãos de arroz armazenado também foram relatados na literatura. Silva *et al.* (2014) relataram uma redução do valor L^* , ao avaliar grãos de arroz em casca de pericarpo pardo armazenado em escala industrial, com 12 % de umidade, durante 9 meses a temperatura ambiente. Da mesma forma Chen *et al.* (2015), verificaram redução do valor L^* em grãos de arroz Japonês armazenado por 18 meses, com umidade de 12,3 %, na temperatura de 15 °C. A redução do valor L^* é resultado de uma série de reações químicas que provocam a formação de pigmentos escuros, conforme verificado pelo aumento do valor b^* (Tabela 2) e de grãos amarelos (Tabela 1).

O valor a^* expressa a variação de cor do verde (-) ao vermelho (+). No início do armazenamento os grãos apresentaram valor a^* de 2,48, 5,08 e 13,60, respectivamente para os grãos com pericarpo pardo, preto e vermelho. Nos grãos com pericarpo pardo, houve aumento ($p < 0,05$) do valor a^* , após 6 meses de armazenamento, nas temperaturas de 32 e 40 °C e para os grãos com pericarpo preto, houve aumento do ($p < 0,05$) valor a^* , independente da temperatura, enquanto que para os grãos de arroz com pericarpo vermelho houve redução ($p < 0,05$) desse parâmetro, independente da temperatura.

O valor b^* expressa a intensidade da coloração amarela. No início do armazenamento o valor b^* dos grãos foi de 20,81, 1,54 e 25,50, respectivamente para os grãos com pericarpo pardo, preto e vermelho. Após 6 meses de armazenamento dos grãos, houve aumento ($p < 0,05$) do valor b^* para os grãos de pericarpo pardo e preto, principalmente na temperatura de 40 °C. Já para os grãos com pericarpo vermelho, houve redução ($p < 0,05$) do valor b^* , nas temperaturas de 24, 32 e 40 °C.

Incrementos no valor b^* de grãos de arroz de pericarpo pardo também foi observado por Park *et al.* (2012), em grãos polidos armazenados com umidade inicial de 16,50 %, na temperatura de 40°C, após quatro meses. Da mesma forma, Chen *et al.* (2015), verificaram aumento do valor b^* , em grãos de arroz Japonês com 12,3 % de umidade, submetidos a radiação gama de 2kGy e posteriormente armazenado por 18 meses, na temperatura de 15 °C.

As alterações no perfil colorimétrico verificados nesse experimento, são explicados por reações entre açúcares redutores e alguns aminoácidos, conhecida como reação de Maillard, a qual da origem a compostos escuros denominados de melanoidinas (CHEN *et al.*, 2015). Outros autores relatam a oxidação da fração lipídica como uma possível causa das alterações da coloração de grãos de arroz durante o armazenamento (KIM; CHO, 1993). O comportamento inverso verificado nos parâmetros a^* e b^* , para o arroz vermelho, é explicado por que esses grãos já são vermelhos, de acordo com o maior valor de a^* , dessa forma, algumas reações de oxidação e degradação dos compostos da camada de aleurona proporcionam uma redução da intensidade da coloração vermelha desses grãos, reduzindo os valores de a^* e de b^* .

Tabela 2 - Perfil colorimétrico de grãos de arroz com pericarpo pardo, preto e vermelho, armazenados em quatro temperaturas durante 6 meses.

Temperatura (°C) ^a	Perfil colorimétrico		
	L*	a*	b*
<i>Pardo</i>			
Inicial	64,10 ± 1,55 a	2,48 ± 0,24 b	20,81 ± 0,42 c
16	62,20 ± 2,08 ab	3,01 ± 0,38 ab	22,23 ± 1,18 bc
24	62,17 ± 0,79 ab	3,02 ± 0,49 ab	22,74 ± 1,34 b
32	60,88 ± 2,17 b	3,17 ± 0,49 a	23,38 ± 1,18 b
40	60,56 ± 3,63 b	3,50 ± 0,58 a	25,08 ± 1,7 a
<i>Preto</i>			
Inicial	18,33 ± 1,36 a	5,08 ± 0,46 b	1,54 ± 0,54 b
16	14,02 ± 2,62 b	8,09 ± 1,28 a	2,27 ± 1,07 ab
24	14,62 ± 2,66 b	8,39 ± 2,72 a	2,33 ± 0,48 ab
32	12,68 ± 1,76 b	9,08 ± 1,76 a	2,74 ± 0,68 a
40	12,69 ± 2,41 b	9,04 ± 1,10 a	2,85 ± 0,47 a
<i>Vermelho</i>			
Inicial	43,81 ± 1,62 a	13,60 ± 1,02 a	25,50 ± 0,97 a
16	42,16 ± 1,79 a	11,91 ± 0,89 b	23,65 ± 0,89 a
24	38,48 ± 2,98 b	11,53 ± 0,73 b	20,84 ± 1,57 b
32	38,92 ± 2,06 b	11,33 ± 1,99 b	20,53 ± 2,78 b
40	37,70 ± 3,23 b	11,30 ± 1,15 b	19,75 ± 1,96 b

^a Para grãos de arroz de pericarpo pardo, preto e vermelho, médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO E VOLUMÉTRICO

Os rendimentos gravimétrico e volumétrico de grãos de arroz com pericarpo pardo, preto e vermelho armazenados em quatro temperaturas, durante 6 meses, são apresentados na Tabela 3. O rendimento gravimétrico, no início do armazenamento, foi de 213,65, 226,86 e 207,14 %, respectivamente para grãos com pericarpo pardo, preto e vermelho. Para os grãos com pericarpo pardo, após 6 meses de armazenamento, houve aumento de 22,96 % no rendimento gravimétrico, nos grãos armazenados a 40 °C, sendo que para os grãos com pericarpo preto e vermelho, não são observadas alterações (p<0,05) em função do tempo e da temperatura de armazenamento.

O rendimento volumétrico, no início do armazenamento, foi de 230,89, 251,63 e 252,91 %, respectivamente para grãos com pericarpo pardo, preto e vermelho. Após 6 meses de armazenamento, houve aumento (p<0,05) no rendimento volumétrico para os grãos com pericarpo pardo, independente da temperatura de armazenamento. Para os grãos com pericarpo preto não houve alteração (p<0,05) em função do tempo e da temperatura de armazenamento, sendo que para os grãos com pericarpo vermelho houve aumento (p<0,05), após 6 meses, na temperatura de 40 °C.

Tabela 3 - Rendimentos gravimétrico e volumétrico de grãos de arroz com pericarpo pardo, preto e vermelho, armazenados em quatro temperaturas durante 6 meses.

Temperatura (°C) ^a	Rendimento gravimétrico (%)	Rendimento volumétrico (%)
Pardo		
Inicial	213,65 ± 9,95 b	230,89 ± 15,06 b
16	235,90 ± 16,47 ab	282,45 ± 11,99 a
24	234,10 ± 9,71 ab	294,91 ± 19,54 a
32	246,29 ± 16,74 ab	295,15 ± 13,07 a
40	262,71 ± 2,71 a	310,54 ± 7,72 a
Preto		
Inicial	226,86 ± 9,44 a	251,63 ± 5,67 a
16	229,33 ± 19,14 a	248,64 ± 3,38 a
24	232,19 ± 8,32 a	254,35 ± 4,65 a
32	236,26 ± 9,67 a	252,44 ± 8,32 a
40	240,73 ± 4,67 a	253,22 ± 10,41 a
Vermelho		
Inicial	207,14 ± 13,71 a	252,91 ± 9,55 b
16	210,64 ± 11,15 a	262,45 ± 7,02 ab
24	219,11 ± 7,94 a	258,73 ± 4,79 b
32	220,80 ± 10,75 a	262,96 ± 3,30 ab
40	224,22 ± 17,74 a	277,90 ± 3,97 a

^a Para grãos de arroz de pericarpo pardo, preto e vermelho, médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Em estudo realizado por Schiavon *et al.* (2013) foi observado redução (p<0,05) nos rendimentos gravimétrico e volumétrico de grãos de arroz armazenado em casca, durante 12 meses, com 12 % de umidade, na temperatura de 24 °C e posteriormente beneficiado (polido). Provavelmente os aumentos verificados nos rendimentos gravimétrico e volumétrico em nosso estudo, após 6 meses de armazenamento de grãos de arroz integral, na temperatura de 40 °C, pode ser resultado de uma desestruturação das camadas de aleurona, através da hidrólise de estruturas poliméricas, como proteínas e polissacarídeos, causada por ação enzimática, fazendo com que o grão absorva água com maior facilidade, aumentando seu rendimento em peso e volume.

ANÁLISE SENSORIAL

Os parâmetros sensoriais de grãos de arroz com pericarpo pardo, preto e vermelho armazenados em quatro temperaturas, durante 6 meses, estão apresentados na Tabela 4. Observa-se que os parâmetros de cor, odor e solubilidade não diferiram (p<0,05) em função do tempo e da temperatura de armazenamento dos grãos com pericarpo pardo, preto e vermelho. Para o parâmetro de firmeza, os grãos com pericarpo pardo e preto armazenados por 6 meses, nas temperaturas de 24 e 32 °C, apresentaram as melhores avaliações. Para os grãos com pericarpo vermelho, as melhores avaliações foram observadas

nos grãos armazenados, por 6 meses, nas temperaturas de 24, 32 e 40 °C. O parâmetro de sabor, para os grãos com pericarpo pardo, apresentou as melhores avaliações nos grãos armazenados, por 6 meses, nas temperaturas de 24 e 32 °C, sendo que para os grãos com pericarpo preto e vermelho, não foram observadas alterações ($p < 0,05$) em função do tempo e da temperatura de armazenamento.

Para os parâmetros de aceitação e intenção de compra, nos grãos com pericarpo preto, não foram observadas alterações ($p < 0,05$) em função do tempo e da temperatura de armazenamento. Para os grãos com pericarpo pardo e vermelho, as melhores avaliações nos parâmetros de aceitação e intenção de compra, são verificadas nos grãos armazenados, por 6 meses, na temperatura de 24 °C.

Em estudo realizado por Park *et al.* (2012) no armazenamento de grãos de arroz polido, com 16,5 % de umidade, durante 4 meses, na temperatura de 40 °C foi verificado redução nas avaliações de flavor, aparência, sabor, textura e qualidade global em relação ao início do armazenamento. Os resultados diferentes aos encontrados em nosso estudo são resultado do armazenamento de grãos integrais. Conforme a avaliação dos julgadores, grãos armazenados a 24 °C apresentaram melhores avaliações para a firmeza, influenciando diretamente nas avaliações de aceitação e intenção de compra. As melhores avaliações no parâmetro de firmeza podem ser resultado de uma maior desestruturação da camada de aleurona, nos grãos armazenados integrais, o que proporcionou uma maior facilidade de absorção de água e consequentemente menor firmeza após cozidos, o que proporcionou aumento nos rendimentos gravimétrico e volumétrico (Tabela 3)

Tabela 4 - Análise sensorial de grãos de arroz de pericarpo pardo, preto e vermelho armazenados em quatro temperaturas durante 6 meses.

Temperatura (°C) ^a	Cor	Odor	Soltabilidade	Firmeza	Sabor	Aceitação	Intenção de compra
<i>Pardo</i>							
Inicial	6,06 ± 1,16 a	5,40 ± 1,68 a	5,66 ± 1,54 a	3,60 ± 1,18 b	4,06 ± 1,48 b	4,73 ± 1,86 bc	2,46 ± 1,18 c
16	6,00 ± 1,55 a	6,13 ± 1,50 a	6,13 ± 1,18 a	3,93 ± 1,43 b	5,00 ± 1,25 ab	5,20 ± 1,47 abc	2,66 ± 1,04 bc
24	5,93 ± 1,57 a	6,06 ± 1,27 a	6,26 ± 1,09 a	5,40 ± 1,40 a	5,86 ± 1,64 a	6,20 ± 0,77 a	3,73 ± 0,70 a
32	5,93 ± 1,27 a	5,86 ± 1,35 a	6,66 ± 0,81 a	5,73 ± 1,53 a	6,00 ± 1,13 a	6,00 ± 1,25 ab	3,53 ± 0,91 ab
40	5,73 ± 1,48 a	5,53 ± 1,06 a	6,06 ± 1,03 a	3,93 ± 1,57 b	4,20 ± 1,42 b	4,40 ± 1,35 c	2,26 ± 0,96 c
<i>Preto</i>							
Inicial	6,20 ± 0,67 a	5,53 ± 1,12 a	5,40 ± 1,50 a	5,06 ± 1,38 ab	5,06 ± 1,57 a	5,13 ± 1,45 a	3,26 ± 0,96 a
16	6,20 ± 0,77 a	5,40 ± 1,12 a	5,20 ± 1,42 a	4,00 ± 1,19 b	5,06 ± 1,16 a	5,26 ± 1,33 a	2,86 ± 0,74 a
24	6,26 ± 0,70 a	5,86 ± 0,99 a	5,53 ± 1,24 a	5,26 ± 1,09 a	5,13 ± 1,24 a	5,60 ± 1,24 a	3,06 ± 0,96 a
32	6,13 ± 0,91 a	5,20 ± 1,32 a	5,33 ± 1,58 a	5,40 ± 1,24 a	5,46 ± 1,12 a	6,00 ± 1,00 a	3,33 ± 0,72 a
40	5,86 ± 1,18 a	5,06 ± 1,38 a	5,33 ± 1,79 a	4,86 ± 1,24 ab	4,46 ± 1,95 a	5,00 ± 1,62 a	2,80 ± 1,14 a
<i>Vermelho</i>							
Inicial	5,93 ± 1,57 a	5,00 ± 1,36 a	6,60 ± 1,24 a	3,20 ± 1,61 c	4,80 ± 1,56 a	4,60 ± 1,50 b	2,33 ± 0,89 b
16	5,60 ± 1,59 a	5,33 ± 1,04 a	6,33 ± 1,29 a	3,93 ± 1,53 bc	5,33 ± 1,34 a	5,06 ± 1,43 ab	2,86 ± 0,99 ab
24	5,33 ± 1,63 a	5,73 ± 1,16 a	5,60 ± 1,50 a	5,60 ± 1,54 a	5,80 ± 1,20 a	6,33 ± 1,23 a	3,46 ± 1,12 a
32	5,60 ± 1,05 a	5,53 ± 1,30 a	6,06 ± 1,22 a	5,20 ± 1,69 ab	5,20 ± 1,14 a	5,60 ± 1,45 ab	3,20 ± 0,77 ab
40	4,93 ± 1,66 a	5,26 ± 1,27 a	6,20 ± 0,94 a	5,73 ± 1,22 a	5,53 ± 0,99 a	5,33 ± 1,63 ab	2,80 ± 0,01 ab

^a Para grãos de arroz de pericarpo pardo, preto e vermelho, médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

CONCLUSÕES

O armazenamento de grãos de arroz integral, com pericarpo pardo, preto e vermelho, na temperatura de 40°C, proporcionou os maiores incrementos de grãos amarelos, sendo que nos grãos com pericarpo pardo e preto, houve alteração da tipificação nessas condições. O armazenamento a 40 °C, proporcionou as maiores reduções no valor L^* , com aumentos no valor a^* e b^* , para grãos com pericarpo pardo e preto, sendo que para os grãos com pericarpo vermelho são observadas reduções dos valores de L^* , a^* e b^* , em relação ao início do armazenamento. Grãos com pericarpo pardo, armazenados a 40 °C apresentaram aumento nos rendimentos gravimétrico e volumétrico e os grãos com pericarpo vermelho apresentaram aumento no rendimento volumétrico no armazenamento a 40 °C em relação ao início do armazenamento. Os parâmetros de firmeza, sabor, aceitação e intenção de compra, apresentaram as melhores avaliações nos grãos com pericarpo pardo e vermelho, armazenados a 24 °C. Em geral, o armazenamento dos grãos de arroz integral na faixa de temperatura entre 16 e 24 °C é o que proporciona as menores alterações dos parâmetros avaliados.

Effects of storage temperature on the technological and sensory properties of integral rice with pericarp brown, black and red

ABSTRACT

Rice storage is essential to meet the demand of processing industries and consumers. Thus, the objective with the study was to evaluate the effects of time and temperature storage whole grain rice grain with brown pericarp, black, and red on the percentage stained, sour, and yellow, colorimetric profile, gravimetric and volumetric yields and sensory parameters. Whole rice grains with brown, black, and red pericarp were stored in 13% at temperatures of 16, 24, 32, and 40 °C for 6 months. After 6 months of storage at 40 °C, the larger increments of yellow grains is observed, which reduces the typification of the grains, reducing the L^* value, and increases the values of a^* and b^* for grains with brown and black pericarp and reducing L^* , a^* and b^* for the grain pericarp red. Brown grain pericarp stored at 40 °C showed increases in the gravimetric and volumetric yield and grain with red pericarp showed an increase in volumetric yield in storage at 40 °C, compared to the beginning of storage. The firmness parameters, flavor, acceptance, and purchase intent, had the best ratings in grains with brown and red pericarp, stored at 24 °C. In general, the storage of whole rice grains in the temperature range between 16 and 24 °C is what provides the smallest changes of the parameters evaluated.

KEYWORDS: Rice, Storage, Yellow grains, Sensory parameters.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a MPB agroindústria pelo fornecimento das amostras, a CAPES, ao CNPQ, a SCT-RS e ao Polo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e microflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3, p.554-560, 2012.

ARNS, B.; PARAGINSKI, R. T.; BARTZ, J.; SCHIAVON, R. A.; ELIAS, M. C.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G. The effects of heat-moisture treatment of rice grains before parboiling on viscosity profile and physicochemical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, v.49, n.1. p.1939–1945, 2014.

BEMILLER, J.; WHISTLER, R. **Starch: Chemistry and technology**. Third edition. Food Science and Technology, International series. ISBN: 978-0-12-746275-2, Elsevier, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2009. Instrução Normativa MAPA N° 6, de fevereiro de 2009.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and Storage of Grains and Oilseeds**. New York. p.450, 1992.

CANTONE, F. A.; TUIITE, J.; BAUMAN, L. F.; STROSHINE, R. L. Genotypic differences in reaction of stored corn kernels to attack by selected *Aspergillus* and *Penicillium* species. **Phytopathology**, v.73, p.1250-1255, 1983.

CHEN, Y.; JIANG, W.; JIANG, Z.; CHEN, X.; CAO, J.; DONG, W.; DAI, B. Changes in Physicochemical, Structural, and Sensory Properties of Irradiated Brown Japonica Rice during Storage. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.63, n.17, p.4361–4369, 2015.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2015. Acompanhamento da safra de grãos Brasileira – 10°C levantamento, Julho de 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_09_08_59_32_bol_etim_graos_julho_2015.pdf. Acesso em: 11/05/2016.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1996, 122p.

FARONI, L. R. D. A.; BARBOSA, G. N. O.; SARTORI, M. A.; CARDOSO, F. S.; ALENCAR, E. R. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**. v.13, n.3, p.191-201, 2005.

FINOCCHIARO, F.; FERRARI, B.; GIANINETTI, A. A study of biodiversity of flavonoid content in the rice caryopsis evidencing simultaneous accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a black-grained genotype. **Journal of Cereal Science**. London, v.51, n.1, p.28-34, 2010.

GUNARATNE, A.; WU, K.; LI, D.; BENTOTA, A.; CORKE, H.; CAI, Y. Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins. **Food Chemistry**, v.138, n.2-3, p.1153-1161, 2013.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, n.4, p.287-296, 2005.

KIM, S. K.; CHO, E. J. Effects of storage temperature on the physicochemical properties of milled rice. **Journal of Korean Agricultural Chemical Society**, v.36, p.146-153, 1993.

LACEY, J.; HAMER, A.; MAGAN, N. Respiration and losses in stored wheat under different environmental conditions. In: **Proceeding of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection**, Wallingford, United Kingdom: annals, p.1007-1013, 1994.

MORÁS, A.; SCHIAVON, R. A.; PARAGINSKI, R. T.; ELIAS, M. C.; LORINI, I. Qualidade industrial de grãos de arroz (*Oryza Sativa* L.) submetidos ao expurgo com diferentes concentrações de fosfina. In: **VI Conferência Brasileira de Pós-Colheita**, Londrina/PR, Brasil. Anais, v.1, p.245-250, 2014.

PARK, C.; KIM, Y.; PARK, K.; KIM, B. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**, v.48, n.1, p.25-29, 2012.

PEREZ-GARCIA, F.; GONZALEZ-BENITO M. E. Seed germination of five *Helianthemum* species: Effect of temperature and presowing treatments. **Journal of Arid Environments**, v.65, n.1, p.688-693, 2006.

PRONYK, C.; MUIR, W.E.; WHITE, N. D. G., ABRAMSON, D. Carbon dioxide production and deterioration of stored canola. **Canadian Biosystems Engineering**, v.46, n.3, p.25-33, 2004.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.110-119, 2004.

SCHIAVON, R. A.; PARAGINSKI, R. T.; PAIVA, F. F.; FERREIRA, C. D.; VILLANOVA, F. A.; ELIAS, M. C. Efeito da temperatura de armazenamento nos parâmetros de cocção de arroz. In: **X Congresso Brasileira de Arroz Irrigado**, Santa Maria/RS, Brasil. Anais, v.2, p.1438-1441, 2013

SILVA, W. S. V.; SCHIAVON, R. A.; TALHAMENTO, A.; GOEBEL, J. T. S.; CASARIL, J.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C.; Efeitos da exaustão eólica no armazenamento sobre a incidência de defeitos metabólicos e o consumo de energia na aeração de grãos de arroz. In: **X Congresso Brasileira de Arroz Irrigado**, Santa Maria/RS, Brasil. Anais, v.2, p.1470-1473, 2013.

SILVA, W. S.; VANIER, N. L.; ZIEGLER, V.; OLIVEIRA, M.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Effects of using eolic exhausters as a complement to conventional aeration on the quality of rice stored in metal silos. **Journal of Stored Products Research**, v.59, n.1, p.76-81. 2014.

SOMPONG, R.; SIEBENHANDL-EHN, S.; LINSBERGER-MARTIN, G.; BERGHOFER, E. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. **Food Chemistry**, v.124, n.1, p.132-140, 2011.

TANANUWONG, K.; MALILA, Y. Changes in physicochemical properties of organic hulled rice during storage under different conditions. **Food chemistry**, v.125, n.1, p.179-185, 2011.

WEI, C.; KWON, O. Y.; LIU, X.; KIM, H. C.; YOO, W. K.; KIM, H. M.; KIM, M. R. Protein profiles of major Korean rice cultivars. **Journal of Food Science and Nutrition**, v.12, n.1, p.103-110, 2007.

Recebido: 31 mai. 2016.

Aprovado: 23 ago. 2016.

DOI: 10.3895/rebrapa.v7n3.4013

Como citar:

ZIEGLER, V. Efeitos da temperatura de armazenamento sobre as propriedades tecnológicas e sensoriais de arroz integral de pericarpo pardo, preto e vermelho. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 7, n.3, p. 173-189, set./dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

Correspondência:

Valmor Ziegler

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

