

Utilização do Resfriamento para Minimizar a Quebra Técnica e as Alterações Internas em Grãos de Feijão Carioca

17

Angélica Demito¹; Valmor Ziegler²; Sílvia Renata Machado Coelho³; Moacir Cardoso Elias⁴

RESUMO

O feijão carioca é, dentre os feijões, o mais produzido e consumido no Brasil, sendo produzido em épocas sazonais, dessa forma, necessitando do armazenamento adequado para a manutenção de sua qualidade. Objetivou-se com esse estudo, avaliar os efeitos do resfriamento artificial de grãos de feijão carioca sobre a quebra técnica (peso de mil grãos), a condutividade elétrica e os sólidos lixiviados. Grãos de feijão carioca foram armazenados nas umidades de 13,8 e 16,7%, nas temperaturas de 12, 20, 28 e 36°C, durante 240 dias. A cada 80 dias foram coletadas amostras homogêneas e avaliou-se o peso de mil grãos, a condutividade elétrica e os sólidos lixiviados. Durante o armazenamento observou-se uma redução do peso de mil grãos, com aumento da condutividade elétrica e dos sólidos lixiviados, de acordo com o aumento do tempo, da temperatura e da umidade dos grãos. Esses resultados indicam uma maior quebra técnica, associado a uma maior desestruturação interna dos grãos, ocasionadas pelos processos respiratórios além de reações químicas e enzimáticas que degradam os grãos em más condições de armazenamento. Dessa forma, destaca-se que a utilização do resfriamento artificial minimiza a quebra técnica e as alterações celulares durante o período de armazenamento.

Palavras-chave: Feijão carioca, Armazenamento, Quebra técnica, Alterações celulares.

¹Universidade Federal de Pelotas. Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, DCTA – FAEM – UFPEL, Campus Universitário - UFPEL, s/n, CEP 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas/RS, Fone: (53) 3275-7258 - ramal 205. E-mail: demito@coolseed.com.br

²Instituto Federal Farroupilha – campus Júlio de Castilhos. E-mail: vamgler@hotmail.com

³Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: srmcoelho@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas. Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos. E-mail: eliasmc@uol.com.br

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) carioca é, dentre os feijões, o mais produzido e consumido no Brasil, ficando à frente do feijão preto e caupi nesses quesitos. Numericamente, o feijão carioca representa 70% da produção nacional e abrange 53% da área plantada, em ralação ao total de feijão produzido e cultivado no território brasileiro. O feijão preto é mais popular no sul do país, podendo ser encontrado também nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. O feijão carioca é mais popular na região Sudeste, Centro Oeste e parte do Nordeste. Existe ainda uma produção considerável de feijão caupi (*Vigna unguiculata*), também conhecido como feijão macassar ou feijão fradinho, os quais são especialmente produzidos e apreciados pelos consumidores do nordeste do país (CONAB, 2017).

A produção do feijão ocorre em épocas sazonais, no entanto, o seu consumo se estende por todo o ano. Nesse contexto, o armazenamento dos grãos se torna uma etapa de extrema importância para a manutenção da sua qualidade. Os principais fatores que afetam a qualidade dos grãos durante o armazenamento são a temperatura no ambiente de armazenamento, a umidade dos grãos, a umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento e a qualidade inicial dos grãos (RANI et al., 2013; NJOROGE et al., 2015; NASAR-ABBAS et al., 2009). O controle desses fatores proporciona os menores índices de respiração dos grãos durante o armazenamento, dessa forma, quanto menor a taxa respiratória, menor o consumo das reservas energéticas, o que representa melhor conservabilidade dos grãos (CHIDANANDA et al., 2014).

Os grãos de feijão, em geral são armazenados em alta temperatura (30 e 40°C), condições essas que são comuns em países tropicais como o Brasil, o que acarreta em perda gradual da qualidade nutricional, tecnológica e sensorial (NASAR-ABBAS et al., 2008). Uma forma de inibir a velocidade das reações que envolvem a degradação dos grãos é a utilização de temperaturas de refrigeração, pois reduzem a atividade respiratória e retardando a desenvolvimento de insetos-pragas, independente das condições climáticas da região (REED et al., 2007; DEMITO e AFONSO, 2009; RIGUEIRA, LACERDA e VOLK, 2009).

Nesse contexto, considerando a importância econômica, social e nutricional que o feijão apresenta no cenário brasileiro, objetivou-se com esse trabalho, avaliar os efeitos do resfriamento artificial de grãos de feijão carioca sobre a quebra técnica (peso de mil grãos), a condutividade elétrica e os sólidos lixiviados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos de feijão carioca da cultivar IPR Campos Gerais, produzidos no município de Pirai do Sul, na região centro-oriental do Paraná, Brasil,

Latitude 24°31'34"S, Longitude 49°56'55"W e altitude de 1036 metros. Os grãos foram colhidos mecanicamente com umidade próxima a 23% e secos em secador de múltipla intermitência, Modelo SMI - 40 toneladas, com ar parcialmente desidratado, até as umidades aproximadas de 16,7 e 13,8%. A temperatura do ar de secagem na entrada do secador foi de 50°C e de saída de 30°C. A umidade relativa do ar (URA) na entrada do secador variou de 8 a 10%, sendo que essa baixa URA foi alcançada com o auxílio de uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA) com potência de 60 TR (Toneladas de Refrigeração). A temperatura da massa de grãos na descarga do secador não ultrapassou, em nenhum momento, os 30°C.

Após a secagem, as amostras (3kg cada pacote) foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade com 15 μ (micras) de espessura de filme plástico, dimensões de 25x35cm, vedados com máquina Webomatic® e ao abrigo da luz. O armazenamento foi realizado em quadruplicata, em câmaras nas temperaturas de 12, 20, 28 e 36°C com variações de $\pm 1^\circ\text{C}$). As avaliações foram realizadas em triplicata no início do armazenamento (inicial), aos 80, 160 e 240 dias. Para cada tratamento foi coletada uma amostra de cada pacote, que posteriormente foi homogeneizada e analisada em triplicata para cada parâmetro de qualidade.

O peso de mil grãos foi realizado segundo Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com a contagem de 8 repetições de 100 grãos íntegros para cada repetição e pesagem em balança de precisão. Os resultados foram expressos em gramas (g) pela média das repetições.

A condutividade elétrica da água de hidratação foi determinada segundo metodologia do International Seed Testing Association - ISTA (2008). Foram pesadas três repetições de 10g, e imersas em 75mL de água deionizada (em Becker de 250mL), colocadas em germinador regulado para a temperatura constante de 20°C, posteriormente, incubados durante 24h. As soluções foram agitadas suavemente e a condutividade elétrica foi determinada com condutímetro sem filtragem da solução. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

Os sólidos lixiviados foram determinados segundo Nasar-Abbas et al. (2008). A amostra com 10g de grãos de feijão foi imersa em 50 mL de água deionizada durante 18 horas. Após o período de imersão a água foi coletada e levada à estufa com circulação de ar a 105 °C, por 24 horas e os resultados foram expressos em percentagem (%).

Para comparação dos resultados foi aplicado o teste de variância ANOVA, seguido pela comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados do peso de mil grãos de feijão carioca armazenados em diferentes condições de umidade e temperatura durante

240 dias. No início do armazenamento o peso de mil grãos foi de 247,25 e 249,57g, respectivamente, para as umidades de 13,8 e 16,7%. Após 240 dias de armazenamento, observa-se redução de 4,52 e 3,81% no peso de mil grãos, respectivamente, para os grãos armazenados nas umidades de 13,8 e 16,7%, na temperatura de 36°C.

A redução do peso de mil grãos é resultado da redução da atividade respiratória dos grãos que consome as reservas energéticas, como carboidratos e proteínas, reduzindo o seu peso. O resfriamento atua reduzindo a taxa respiratória dos grãos, conseqüentemente, reduzindo o consumo das reservas energéticas e reduzindo as perdas para os armazenistas desses grãos, os quais vêm a anos lutando para reduzir a chamada quebra técnica durante o período de armazenamento.

TABELA 1. Peso de Mil Grãos (g) dos grãos de feijão carioca armazenados em diferentes condições de umidade e temperatura durante 240 dias.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (dias)			
	Inicial	80	160	240
Umidade inicial 13,8%				
12	A 247,25±2,36 a*	A 247,60±5,16 a	A 247,28±5,88 a	A 247,68±5,90 a
20	A 247,25±2,36 a	A 247,30±4,96 a	A 246,84±4,72 a	A 246,84±4,72 a
28	A 247,25±2,36 a	A 245,22±8,51 a	A 244,65±2,19 a	AB 243,10±4,94 a
36	A 247,25±2,36 a	A 246,38±2,18 a	A 242,88±5,30 ab	B 236,06±2,94 b
Umidade inicial 16,7%				
12	A 249,57±3,17 a	A 247,01±2,13 a	A 247,35±3,06 a	A 246,29±0,55 a
20	A 249,57±3,17 a	A 246,58±1,96 a	A 247,20±2,65 a	A 246,87±1,86 a
28	A 249,57±3,17 a	A 246,67±5,22 a	A 244,62±3,94 a	AB 242,11±2,44 a
36	A 249,57±3,17 a	A 247,13±2,35 ab	A 245,26±4,36 ab	B240,82±3,57 b

*Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras maiúsculas na mesma coluna, e minúsculas na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os benefícios do resfriamento na manutenção do peso de mil grãos já foi estudado e comprovado em estudos com soja (ZIEGLER et al., 2016b), feijão preto (FERREIRA, 2014), arroz de pericarpo pardo, preto e vermelho (ZIEGLER, 2016) e em milho (PARAGINSK et al., 2015).

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados de condutividade elétrica dos grãos de feijão carioca armazenados em diferentes condições de umidade e temperatura durante 240 dias. Durante o período de armazenamento, observa-se um expressivo aumento da condutividade elétrica de acordo com o aumento da umidade e da temperatura de armazenamento. Os maiores aumentos são verificados no armazenamento com umidade de 16,7%, na temperatura de 36°C, em que a condutividade elétrica passou de 109,99

(inicial) para 357,04 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (240 dias). Aumentos na condutividade elétrica de acordo com o aumento da temperatura de armazenamento também foi verificado em fava (NASAR-ABBAS et al., 2008), feijão preto (FERREIRA et al., 2017), arroz com pericarpo pardo, preto e vermelho (ZIEGLER, 2016) e em milho (PARAGINSK et al., 2015).

Esses resultados demonstram que a estrutura celular do interior dos grãos foi afetada pelo armazenamento em alta temperatura, associado as maiores umidades de grãos. Essa desestruturação é ocasionada pela atividade enzimática e o desencadeamento de uma série de reações químicas que são aceleradas em temperaturas elevadas de armazenamento.

TABELA 2. Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) dos grãos de feijão carioca armazenados em diferentes condições de umidade e temperatura durante 240 dias.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (dias)			
	Inicial	80	160	240
Umidade inicial 13,8%				
12	A 113,85±13,15 a*	F 110,57±10,04 a	F 120,41±9,14 a	F 120,90±6,94 a
20	A 113,85±13,15 b	EF 119,44±11,22 b	F 120,71±7,98 b	DE 156,43±8,00 a
28	A 113,85±13,15 c	D 148,46±10,29 b	D 170,89±3,52 b	C 246,60±2,51 a
36	A 113,85±13,15 c	B 260,08±8,77 b	B 278,79±10,84 b	A 354,22±3,58 a
Umidade inicial 16,7%				
12	A 109,99±10,01 c	F 104,89±8,07 c	F 112,12±0,03 b	E 149,07±0,03 a
20	A 109,99±10,01 c	DE 140,71±8,40 b	E 145,80±1,74 b	D 180,03±14,72 a
28	A 109,99±10,01 d	C 201,81±12,04 c	C 240,22±10,50 b	B 308,35±12,21 a
36	A 109,99±10,01 d	A 314,27±3,92 c	A 323,31±9,92 b	A 357,04±11,22 a

*Médias aritméticas simples de três repetições \pm desvio padrão, seguidas por diferentes letras maiúsculas na mesma coluna, e minúsculas na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p\leq 0,05$).

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de sólidos lixiviados dos grãos de feijão carioca armazenados em diferentes condições de umidade e temperatura durante 240 dias. No início do armazenamento, o teor de sólidos lixiviados foi de 2,30 e 2,25%, respectivamente, nas umidade de 13,8 e 16,7%. Durante o período de armazenamento observa-se aumento ($p\leq 0,05$) no teor de sólidos lixiviados de acordo com o aumento de temperatura de armazenamento, independente da umidade de grãos estudada.

Aumentos no teor de sólidos lixiviados também foi observado por Ferreira et al. (2017) no armazenamento de grãos de feijão durante 12 meses com umidades de 14 e 17%, na temperatura de 32°C. A aumento no teor de sólidos lixiviados indica que uma maior quantidade de carboidratos de cadeia curta, proteínas solúveis e minerais

foram lixiviados para a água de hidratação dos grãos quando armazenados em alta temperatura. Esses resultados indicam que a estrutura celular dos grãos foi danificada, o que facilitou a lixiviação desses compostos, dessa forma, esse parâmetro de avaliação de qualidade indica que o armazenamento de grãos de feijão carioca em altas temperaturas proporciona uma desestruturação celular no interior dos grãos, o que acelera os processos de degradação.

TABELA 3. Sólidos lixiviados (%) de grãos de feijão carioca armazenados em diferentes condições de umidade e temperatura durante 240 dias.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (dias)			
	Inicial	80	160	240
Umidade inicial 13,8%				
12	A 2,30 ± 0,36 a*	E 2,41 ± 0,33 a	D 2,48 ± 0,16 a	E 2,54 ± 0,27 a
20	A 2,30 ± 0,36 a	DE 2,59 ± 0,40 a	CD 2,80 ± 0,36 a	E 2,82 ± 0,11 a
28	A 2,30 ± 0,36 c	C 4,00 ± 0,59 b	B 5,11 ± 0,06 a	C 6,04 ± 0,21 a
36	A 2,30 ± 0,36 b	A 7,90 ± 0,20 a	A 8,15 ± 0,13 a	AB 8,19 ± 0,18 a
Umidade inicial 16,7%				
12	A 2,25 ± 0,09 b	DE 2,68 ± 0,24 ab	CD 2,78 ± 0,23 ab	E 2,86 ± 0,24 a
20	A 2,25 ± 0,09 c	DC 3,35 ± 0,29 b	C 3,89 ± 0,36 ab	D 4,12 ± 0,24 a
28	A 2,25 ± 0,09 c	B 6,12 ± 0,25 b	A 7,79 ± 1,05 ab	B 7,54 ± 0,17 ab
36	A 2,25 ± 0,09 b	A 8,34 ± 0,08 a	A 8,31 ± 0,08 a	A 8,39 ± 0,46 a

*Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras maiúsculas na mesma coluna, e minúsculas na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A partir dos resultados apresentados nesse trabalho, enfatiza-se a importância da utilização do resfriamento para minimizar a quebra técnica durante o armazenamento de grãos de feijão carioca, feijão esse que apresenta um valor agregado dos mais altos dentre os grãos. Além disso, as alterações celulares, decorrentes do período de armazenamento prolongado, são minimizadas com a utilização do resfriamento, o que indica, de forma indireta, um aumento da vida útil desse produto.

AGRADECIMENTOS

A Cool Seed - Indústria e Comércio de Equipamentos Agrícolas Ltda, a Universidade do Oeste do Paraná, a Castrolanda, ao CNPq, a CAPES, ao Polo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul e a Secretaria de Ciência e Tecnologia e Inovação do Estado do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL - **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília, p.346, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, 2017. **Acompanhamento da safra de grãos Brasileira – 12°C levantamento**, Setembro de 2017.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, p.7-14, 2009.

FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V.; PARAGINSKI, R. T.; VANIER, N. L.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. Physicochemical, antioxidant and cooking quality properties of long-term stored black beans: effects of moisture content and storage temperature. **International Food Research Journal**, v. 24, p. 2490-2499, 2017.

ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION.; Determination of other seeds by number. In: **International rules for seed testing**. ed. 2008. Bassersdorf, c.4, p.4.1-4.3, 2008.

NASAR-ABBAS, S. M.; PLUMMER, J. A.; SIDDIQUE, K. H. M.; WHITE, P.; HARRIS, D.; DODS, K. Nitrogen retards and oxygen accelerates colour darkening in faba bean (*Vicia faba* L.) during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, p. 113-118, 2008.

NASAR-ABBAS, S. M.; SIDDIQUE, K. H. M.; PLUMMER, J. A.; WHITE, P. F.; HARRIS, D.; DODS, K.; D'ANTUONO, M. Faba bean (*Vicia faba* L.) seeds darken rapidly and phenolic content falls when stored at higher temperature, moisture and light intensity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1703-1711, 2009.

NJOROGE, D. M.; KINYANJUI, P. K.; SHPIGELMAN, A.; MAKOKHA, A. O.; SILA, D. N.; HENDRICKX, M. E. Effect of storage conditions on pectic polysaccharides in common beans (*Phaseolus vulgaris*) in relation to the hard-to-cook defect. **Food Research International**, v. 76, p. 105-113, 2015.

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 58-363, 2015.

RANI, P. R.; CHELLADURAI, V.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; KAVITHA-ABIRAMI, C. V. Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. **Journal of Stored Products Research**, v. 52, p. 78-85, 2013.

REED, C.; DOYUNGAN, S.; IOERGER, B.; GETCHELL, A. Response of storage molds to different initial moisture contents of maize (corn) stored at 25°C, and effect on respiration rate and nutrient composition. **Journal of Stored Products Research**, v.43, p. 443-458, 2007.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, p. 649-655, 2009.

ZIEGLER, V. **Efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento de arroz integral de pericarpo pardo, preto e vermelho sobre parâmetros de avaliação de qualidade dos grãos e propriedades do amido**. Tese de doutorado. 138f. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2016.

ZIEGLER, V.; MARINI, L. J.; FERREIRA, C. D.; BERTINETTI, I. A.; SILVA, W. S. V.; GOEBEL, J. T. S. OLIVEIRA, M. ELIAS, M. C. Effects of temperature and moisture during semi-hermetic storage on the quality evaluation parameters of soybean grain and oil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, p. 131-144, 2016b.