

Qualidade nutricional de feijão BRS Estilo submetido à diferentes temperaturas de secagem

Nutritional quality of BRS Style beans submitted to different drying temperatures

Calidad nutricional de los frijoles Estilo BRS sometidos a diferentes temperaturas de secado

Recebido: 28/03/2020 | Revisado: 31/03/2020 | Aceito: 03/04/2020 | Publicado: 05/04/2020

Valdiney Cambuy Siqueira

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3698-0330>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: vcambuy@yahoo.com

Maria Heloisa Junqueira

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7472-2810>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: mheloj@gmail.com

Wellytton Darci Quequeto

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0658-2692>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: wellytton_quequeto@hotmail.com

Fernanda Pimentel da Silva

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6202-3043>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: fehimentel@hotmail.com

Vanderleia Schoeninger

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7308-4709>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: vschoeninger@ufgd.edu.br

Tábata Zingano Bischoff Soares

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4137-2874>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: tabatazbi@yahoo.com.br

Geraldo Acácio Mabasso

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7725-8195>

Universidade Zambeze, Moçambique

E-mail: geral.do@hotmail.com

Cesar Pedro Hartmann Filho

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8685-9278>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: cphartmann21@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito imediato de diferentes temperaturas de secagem sobre a qualidade nutricional do feijão cultivar BRS Estilo. A colheita e a trilhagem foram realizadas manualmente, após a seleção dos grãos determinou-se o teor de água de $20 \pm 0,5\%$ (base úmida). Os grãos foram submetidos ao processo de secagem, em um secador experimental de camada fixa horizontal com ventilação forçada nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, até atingir o teor de água final de $11 \pm 0,3\%$ (base úmida). Para realizar as análises nutricionais, os grãos de feijão foram triturados na forma de farinha e peneirados em peneira de malha 50 mesh. A qualidade nutricional foi avaliada por meio de sua composição nutricional, sendo considerado os teores de minerais (Fe, Zn, Mn, Cu, Ca, Mg, K, P), proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos, fibra bruta e cinzas, todos realizadas em triplicata, cada uma com duas repetições. Com base nos resultados, pôde-se concluir que: o teor dos minerais, assim como os teores de fibra total e cinzas não foram influenciados pela temperatura de secagem e maiores temperaturas de secagem propiciaram menores teores de proteínas e lipídios estatisticamente significativo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; Fonte alimentar; Pós-colheita; Carboidratos; Minerais; Proteína.

Abstract

This work aimed to evaluate the immediate effect of different drying temperatures on the nutritional quality of beans cultivar BRS Estilo. Harvesting and screening were carried out manually, after selecting the grains, the moisture content of $20 \pm 0.5\%$ (wet basis) was determined. The grains were submitted to the drying process, in an experimental horizontal fixed layer dryer with forced ventilation at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C, until reaching the final moisture content of $11 \pm 0.3\%$ (wet basis). In order to carry out nutritional analyzes, the beans were ground into flour and sieved through a 50 mesh sieve. Nutritional quality was assessed through its nutritional composition, considering the levels of minerals

(Fe, Zn, Mn, Cu, Ca, Mg, K, P), crude protein, ether extract, carbohydrates, crude fiber and ashes, all performed in triplicate, each with two repetitions. Based on the results, it was possible to conclude that: the mineral content, as well as the total fiber and ash contents were not influenced by the drying temperature and higher drying temperatures provided statistically significant lower levels of proteins and lipids.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; Food source; Post-harvest; Carbohydrates; Minerals; Protein.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto inmediato de diferentes temperaturas de secado sobre la calidad nutricional del cultivar de frijoles BRS Estilo. La recolección y el cribado se llevaron a cabo manualmente, después de seleccionar los granos, se determinó el contenido de agua de $20 \pm 0,5\%$ (base húmeda). Los granos se sometieron al proceso de secado, en un secador experimental de capa fija horizontal con ventilación forzada a temperaturas de 40, 50, 60 y 70 °C, hasta alcanzar el contenido final de agua de $11 \pm 0.3\%$ (base húmeda). Para realizar análisis nutricionales, los granos se molieron en harina y se tamizaron a través de un tamiz de malla 50 mesh. La calidad nutricional se evaluó a través de su composición nutricional, considerando los niveles de minerales (Fe, Zn, Mn, Cu, Ca, Mg, K, P), proteína cruda, extracto de éter, carbohidratos, fibra cruda y cenizas, todos realizado por triplicado, cada uno con dos repeticiones. Con base en los resultados, fue posible concluir que: el contenido mineral, así como el contenido total de fibra y cenizas no fueron influenciados por la temperatura de secado y las temperaturas de secado más altas proporcionaron niveles estadísticamente significativos de proteínas y lípidos más bajos.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L.; Fuente de alimento; Post cosecha; Carbohidratos; Minerales; Proteína.

1.Introdução

O feijão é uma importante fonte de nutrientes essenciais, como proteínas, carboidratos, fibras, além dos minerais Ca, Fe, Cu, Zn, K, P, e Mg e vitaminas, em especial as do complexo B (Vieira et al., 2006). Sua enorme importância nutricional é principalmente devido ao seu baixo custo comparado à sua boa qualidade nutricional (Oliveira et al., 2011).

Geralmente, ao serem colhidos, os grãos apresentam teor de água impróprio para o armazenamento, sendo necessário realizar a secagem até atingir teores adequados, reduzindo

o crescimento de micro-organismos e a taxa de reações enzimáticas. Esse processo é considerado o principal método para a manutenção da qualidade e estabilidade do produto após a colheita, sendo responsável pela redução da atividade biológica e metabólica que o produto pode vir a passar durante o armazenamento (Resende et al, 2010; Oliveira et al., 2014).

Quando o destino do feijão é o consumo doméstico, pouco se sabe sobre a influência da temperatura sobre a qualidade final dos grãos. Alguns autores trabalhando com diversos produtos, observaram que a elevação da temperatura do ar de secagem implica na desintegração e na redução da disponibilidade de proteínas, aumenta a dureza e, conseqüentemente, o tempo de cocção, além de promover a gelatinização do amido, oxidação de lipídios, entre outros (Alencar et al., 2010; Deliberali et al., 2010; Eiras & Biagionni, 2014; Furquim et al., 2014).

Como a temperatura de secagem pode promover alterações físico-químicas nos grãos, estes, quando submetidos a processos de secagem inadequados, com temperaturas do ar de secagem elevadas, ficam suscetíveis a queda dos níveis de proteínas, possivelmente relacionada a desaminação, reações de hidrólise, descarboxilação e complexação com outros componentes dos grãos (Schuh et al., 2011).

Diversos autores avaliaram o impacto da temperatura de secagem sobre a composição nutricional de diversos produtos agrícolas, como: aveia branca (Oliveira et al, 2012), milho (Ferrari Filho, 2011), e soja safrinha (Hartmann Filho, 2015), mas quando se trata do feijão, os trabalhos se restringem a avaliar a qualidade nutricional do grão submetido à diferentes condições de armazenamento (Oliveira et al., 2011; Rupollo, 2011; Lima, 2013), ou de cozimento (Miceli & Miceli, 2012; Nakitto et al., 2015; Fabbri & Crosby, 2016). Tornando relevante os estudos que avaliam os efeitos da secagem sobre essas propriedades. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito imediato de diferentes temperaturas de secagem sobre a qualidade nutricional do feijão cultivar BRS Estilo.

2. Metodologia

A classificação da pesquisa foi realizada de acordo com as definições propostas por Pereira et al. (2018) e Prodanov & Freitas (2013). Assim, realizou-se uma pesquisa aplicada, qualitativa, descritiva e experimental a nível de laboratório, a fim de verificar a relação entre as variáveis analisadas como respostas das alterações nos fatores.

2.1 Colheita e secagem dos grãos

Os grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) da cultivar BRS Estilo foram coletados em uma fazenda localizada no município de Indápolis, região da Grande Dourados no Mato Grosso do Sul, 22°13'39,24'' S e 54°19'01,41'' W, entre os dias 18 e 20 de julho de 2016.

A coleta foi realizada manualmente e após a trilhagem das vagens os grãos selecionados. Em seguida, os grãos foram homogeneizados e ensacados em embalagens de polipropileno, sendo então armazenados em câmara do tipo B.O.D a 5 °C durante 72 horas, a fim de equilibrar o teor de água entre o material. Posteriormente, o produto ficou exposto a temperatura ambiente por 24 horas, visando o equilíbrio térmico, e então obtido o teor de água inicial, de $20 \pm 0,5\%$ (b.u.).

Os grãos foram submetidos ao processo de secagem, em um secador experimental de camada fixa. As temperaturas do ar de secagem utilizadas foram de: 40, 50, 60 e 70 °C, em condições controladas e monitoradas por um termômetro de mercúrio. A velocidade do ar de secagem foi monitorada com o auxílio de um anemômetro de pás rotativas e mantida em torno de $0,5 \text{ m s}^{-1}$.

Durante a secagem os grãos foram revolvidos frequentemente de forma a modificar a frente de secagem, e o processo ocorreu até que o material atingisse o teor de água de $11 \pm 0,3\%$ (b.u.). Os teores de água inicial e final das amostras foram determinados utilizando o método de estufa descrito pela Regra para Análise de Sementes (Brasil, 2009), adaptado, utilizando estufa de ventilação forçada a 105 ± 1 °C, durante 24 h, em três repetições por tratamento.

2.2 Qualidade nutricional dos grãos

Para realizar as análises nutricionais os grãos de feijão cru foram triturados na forma de farinha em moinho multiuso tipo Willy e peneirados em peneira de malha 50 mesh sendo posteriormente armazenados em recipientes plásticos à temperatura de 5 °C até procederem aos demais testes. As farinhas obtidas das amostras de feijão cru foram caracterizadas quanto aos teores minerais, assim como os seus principais constituintes nutricionais, todos realizadas em triplicata, cada uma com duas repetições.

2.3 Teores de minerais

Os teores dos minerais Ferro (Fe), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K) e Fósforo (P) foram determinados após digestão nitroperclórica, na proporção de 2:1 (ácido nítrico e ácido perclórico). Foram utilizadas 0,3 g

da farinha por amostra, e após um repouso de 16 horas na solução ácida, as amostras foram colocadas em bloco digestor, onde foram aquecidas até a temperatura de 210 °C e permaneceram até atingir o ponto de viragem, o que aconteceu aproximadamente 2 horas após o início do processo. Após o resfriamento das amostras, o material foi filtrado em balões volumétricos de 50 mL, e tiveram seu volume completado com água destilada e deionizada (Malavolta et al., 1997). Foram preparados brancos analíticos omitindo-se as amostras. As amostras permaneceram em B.O.D à 5 °C até prosseguirem à leitura de seus teores de minerais. Os valores dos teores de minerais foram expressos em mg kg⁻¹ para os micronutrientes (Fe, Zn, Cu e Mn), e em g kg⁻¹ para os macronutrientes (Ca, Mg, K e P).

2.4 Constituição nutricional

O teor de proteína bruta foi obtido pela determinação da porcentagem de nitrogênio total de duas subamostras de 100 mg da farinha do feijão, segundo o método de Kejldahl, descrito pela AOAC (1984). Após a determinação da porcentagem de nitrogênio total, o valor obtido foi multiplicado pelo fator médio de 6,25.

O teor de lipídios, ou extrato etéreo, foi determinado conforme o método INCT-CA G-004/1 (Detmann et al., 2012), utilizando-se duas subamostras de farinha de feijão com 2 g cada. O aparelho extrator utilizado foi o soxhlet, o qual permaneceu em atividade durante seis horas e utilizou como solvente o éter etílico.

O teor de fibra bruta foi obtido segundo o método Ba 6a-05 da AOAC (2009) em digestão ácida (H₂SO₄ 1,25%) e digestão alcalina (NaOH 1,25%). Posteriormente, foi feita lavagem da amostra utilizando 5 mL de acetona e 5 mL de álcool etílico. Na sequência, as amostras foram colocadas em estufa a 105 °C durante 4 horas, pesadas, e colocadas em mufla a 550 °C por 2 horas.

O teor de cinzas foi determinado pelo método INCT-CA M-001/1 (Detmann et al., 2012), obtendo-se os resultados, em porcentagem, através da incineração, em altas temperaturas (500 a 600 °C), e combustão total da matéria orgânica.

Para determinação do teor de carboidratos por análise proximal, subtraiu-se de 100% os teores de proteína bruta, lipídios, fibra bruta e cinzas (Detmann et al., 2012). Assim, procedeu-se as análises com base nos métodos citados, já testados e comprovados.

2.5 Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (temperaturas de secagem de 40, 50, 60 e 70 °C), em três repetições. Os dados

foram submetidos à análise de variância e regressão e os modelos foram selecionados considerando-se a significância da equação pelo teste de F, a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), além do conhecimento da evolução do fenômeno em estudo.

3. Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância do teor de minerais é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para o teor de minerais do feijão cv. BRS Estilo submetido a diferentes temperaturas do ar de secagem.

Variável	Grau de Liberdade	Valor médio	Quadrado médio	CV (%)	P _{valor}
Cu	8	7,53	0,145	7,81	0,743 ^{n.s}
Mn	8	9,28	0,042	5,09	0,901 ^{n.s}
Fe	8	50,28	6,627	11,57	0,896 ^{n.s}
Zn	8	27,53	0,445	6,09	0,921 ^{n.s}
Ca	8	1,10	0,006	14,03	0,844 ^{n.s}
Mg	8	1,46	0,001	3,49	0,803 ^{n.s}
K	8	20,85	0,039	0,55	0,090 ^{n.s}
P	8	5,83	0,035	3,13	0,414 ^{n.s}

^{n.s.} Não significativo

Fonte: Própria (2020).

Verifica-se que todas as variáveis apresentaram diferença estatística não significativa e baixos valores de coeficientes de variação. Assim, os dados foram apresentados em busca de comparações de suas médias com os valores descritos na literatura.

Na Tabela 2 são apresentados os teores de micronutrientes dos grãos de feijão submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

Tabela 2 - Teor de micronutrientes em mg kg⁻¹ dos grãos de feijão BRS Estilo submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

Temperatura (°C)	Cu	Mn	Fe	Zn
40 °C	7,29 ± 0,28	9,41 ± 0,27	49,72 ± 7,17	27,85 ± 0,68
50 °C	7,75 ± 0,94	9,17 ± 0,37	48,48 ± 6,87	27,35 ± 1,32
60 °C	7,69 ± 0,59	9,20 ± 0,65	51,09 ± 3,80	27,34 ± 2,88
70 °C	7,42 ± 0,26	9,35 ± 0,51	51,84 ± 4,73	26,34 ± 1,67
Média	7,54 ± 0,52	9,28 ± 0,45	50,28 ± 5,64	27,22 ± 1,64

Fonte: Própria (2020).

Nota-se na Tabela 2 que, os dados não apresentaram tendência de comportamento em função da temperatura do ar de secagem para que pudessem ser descritos por meio de equações. Assim, foram apresentados os valores médios de cada variável em função do tratamento, com uma média final para o fator avaliado.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Unicamp, 2011), a composição do feijão carioca cru apresenta, como valores médios do teor de minerais, 70 mg kg⁻¹ de ferro, 30,00 mg kg⁻¹ de zinco, 9,5 mg kg⁻¹ de cobre e 9,9 mg kg⁻¹ de manganês. Silva et al (2013), ao avaliar os teores de micro e macronutrientes de duas cultivares de feijão carioca cru, obtiveram valores médios de 75,85 mg kg⁻¹ de ferro, 32,7 mg kg⁻¹ de zinco, 8,42 mg kg⁻¹ de cobre e 17,44 mg kg⁻¹ de manganês. Enquanto João (2016), ao avaliar a mesma cultivar do presente trabalho, obteve valores médios de 141,6 mg kg⁻¹ de ferro, 41,1 mg kg⁻¹ de zinco, 11,2 mg kg⁻¹ de cobre e 23,4 mg kg⁻¹ de manganês.

Os valores encontrados para os teores de macronutrientes dos grãos secados em diferentes temperaturas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Teor de macronutrientes em g kg⁻¹ dos grãos de feijão BRS Estilo submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

Temperatura (°C)	Ca	Mg	K	P
40 °C	1,17 ± 0,21	1,49 ± 0,08	20,77 ± 0,11	5,92 ± 0,19
50 °C	1,10 ± 0,22	1,47 ± 0,05	20,75 ± 0,11	5,80 ± 0,21
60 °C	1,09 ± 0,07	1,47 ± 0,03	20,99 ± 0,11	5,93 ± 0,14
70 °C	1,07 ± 0,03	1,45 ± 0,02	20,89 ± 0,11	5,70 ± 0,18
Média	1,11 ± 0,13	1,47 ± 0,09	20,85 ± 0,11	5,84 ± 0,18

Fonte: Própria (2020).

Assim como nos teores de micronutrientes (Tabela 2), os dados não apresentaram tendência de comportamento em função da temperatura do ar de secagem para que pudessem ser descritos por meio de equações. Sendo apresentados os valores médios, a fim de, comparações com os dados disponíveis na literatura.

De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Unicamp, 2011), os valores médios do feijão carioca cru são de 1,23 g kg⁻¹ de cálcio, 2,10 g kg⁻¹ de magnésio e 20,75 g kg⁻¹ de potássio. Silva et al (2013), por sua vez, obtiveram valores médios de 1,41 g kg⁻¹ de magnésio e 5,34 g kg⁻¹ de fósforo, avaliando duas cultivares de feijão carioca. João (2016) ao avaliar a cultivar BRS Estilo, obteve valores médios de 1,1 g kg⁻¹ de cálcio, 1,8 g kg⁻¹ de magnésio e 5,3 g kg⁻¹ de fósforo.

Diversos autores relataram que a variação na composição mineral de grãos está diretamente relacionada à variabilidade genética, ao ambiente de cultivo, e à interação genótipo x ambiente, sendo relevantes, nesses aspectos, o pH e composição mineral do solo, assim como a influência dos genitores femininos do genótipo (Cichy et al. 2009; White e Broadley 2009; Ribeiro et al., 2014; Silva et al., 2010; Silva 2011), justificando a diferença dos valores encontrados no presente trabalho. E por se tratar de compostos com certa termoestabilidade não apresentam grandes diferenças em função das condições de secagem (Arici et al., 2016).

O resumo da análise de variância dos teores de proteínas, lipídios, fibra bruta, carboidratos e cinzas é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para o teor de proteínas, lipídios, fibra bruta, carboidratos e cinzas do feijão cv. BRS Estilo submetido a diferentes temperaturas do ar de secagem.

Variável	Grau de Liberdade	Valor médio	Quadrado médio	CV (%)	P _{valor}
Proteínas	8	22,51	3,043	1,01	0,001 ^{**}
Lipídios	8	1,48	0,011	1,39	0,001 ^{**}
Fibra Bruta	8	42,55	0,001	0,07	0,895 ^{ns}
Carboidratos	8	29,51	3,363	0,76	0,001 ^{**}
Cinzas	8	3,94	0,001	0,31	0,426 ^{ns}

^{**}Significativo a 0,01; ^{ns}Não significativo

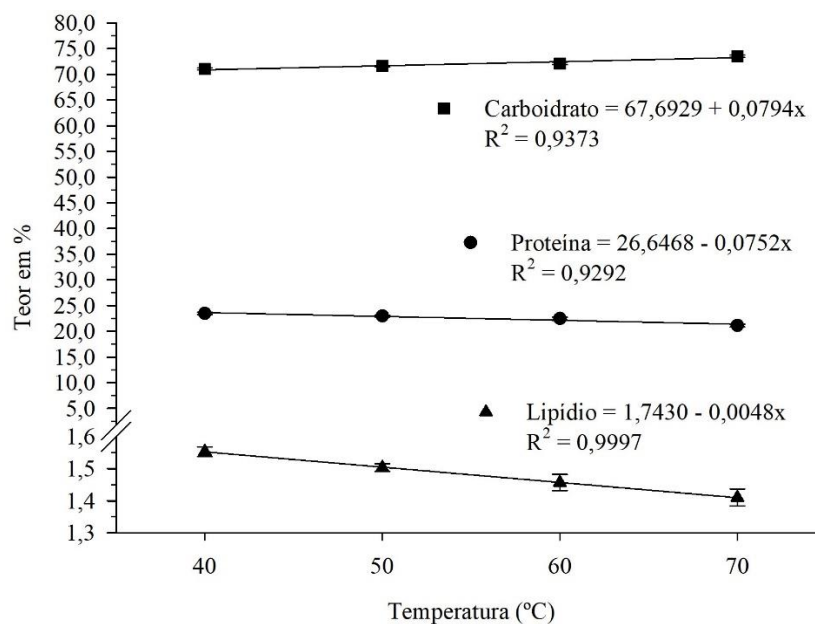
Fonte: Própria (2020).

Verifica-se que as variáveis que apresentaram diferença significativa foram os teores de proteínas, lipídios e carboidratos. Assim os resultados podem ser representados por meio de equações. Já a fibra bruta e cinzas não apresentaram diferença significativa, no entanto, apresentam baixos valores de coeficiente de variação, assim como as demais variáveis.

De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Unicamp, 2011), a composição nutricional do feijão carioca cru apresenta, como valores médios de 20% de proteínas, 1,3% de lipídios, 61,2% de carboidratos, 18,4% de fibras totais e 3,5% de cinzas. No entanto, Silva et al. (2013) avaliando duas diferentes cultivares de feijão carioca, obtiveram valores médios 28,3% de proteínas, 1,84% de lipídios, 36,33% de carboidratos, 29,44% de fibras totais e 4,03% de cinzas.

Encontra-se na Figura 1 o teor de proteínas, lipídios e carboidratos de feijão BRS Estilo em função de diferentes temperaturas de secagem.

Figura 1 - Teor de proteína, lipídio e carboidrato de grãos de feijão BRS Estilo em função de diferentes temperaturas de secagem.



Fonte: Própria (2020).

Verifica-se na Figura 1, baixa inclinação das retas utilizadas para descrever o comportamento do carboidrato, proteína e lipídio. Deve-se observar o leve acréscimo para o carboidrato e a sensível redução para as outras duas variáveis.

O teor de proteína apresentou redução com o incremento da temperatura do ar de secagem, apresentando comportamento linear, com valores de 23,47; 22,96; 22,48 e 21,13% para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente (Figura 1).

Chen et al. (2017) obtiveram resultado semelhante ao secar farinha de inhame, assim como Mirhosseini et al. (2013) ao secar goma de sementes durian, em diferentes métodos de secagem, ambos obtendo redução do teor de proteínas quando usado métodos que atingiam maiores temperaturas no ar de secagem.

De acordo com Danso-Boateng (2013) o aquecimento causa desnaturação de proteínas, devido ao enfraquecimento da conformação tridimensional das moléculas de proteína. A estrutura proteica é afetada diretamente pela secagem e, com o aumento da temperatura, algumas ligações não-covalentes da estrutura das proteínas se tornam mais fracas e flexíveis (Dehnad et al., 2016).

Além disso, uma das propriedades funcionais mais importantes da proteína é a sua capacidade emulsionante, que pode ter sua estabilidade melhorada com a hidrólise enzimática das proteínas, e dentre os fatores que afetam a hidrólise de proteínas está a temperatura (Evangelho et al., 2017). Mirhosseini & Amid (2013) afirmam que o aumento da desnaturação de proteínas pode melhorar índices de atividade e solubilidade de emulsificações.

É importante salientar que, embora a desnaturação da proteína possa reduzir a qualidade nutricional, ela proporciona aumento da digestibilidade do alimento, uma vez que facilita a ação de enzimas digestivas (Sgarbieri, 1996).

Assim como o teor de proteínas, o teor de lipídios apresentou decréscimo de seus valores médios com o aumento da temperatura do ar de secagem, também de forma linear, apresentando valores de 1,55; 1,50; 1,46 e 1,41% para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente (Figura 1).

Resultados semelhantes foram encontrados por Hartmann Filho (2015) ao secar grãos de soja safrinha, e Santos (2009) ao secar farinha de batata comum, obtendo menores resultados em temperaturas mais elevadas. Isso ocorre porque durante a secagem dos grãos, esses ficam suscetíveis a modificações na composição relativa de fosfolipídios de membranas (Dussert et al., 2006).

Além disso, durante e após o processo de secagem, o grão perde propriedades antioxidantes e fica sujeito às ações de radicais livres, que podem vir a comprometer a funcionalidade das membranas, e por consequência promover a peroxidação de lipídios (Greggains et al., 2000).

O teor de fibra bruta dos grãos de feijão apresentou valores variando de 42,54 a 42,56% e não se observa nenhuma tendência de comportamento em função das temperaturas utilizadas para que pudessem ser descritas por uma equação. Resultado semelhante foi encontrado por Nguimbou et al. (2013), ao secar inhame, que relatou que a variação não é provocada pela temperatura, e sim pelo método de secagem.

O teor de carboidratos apresentou aumento de seus valores médios com a elevação da temperatura do ar de secagem, de forma linear, apresentando valores de 28,48; 29,05; 29,56 e 30,96% para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente (Figura 1).

Usualmente, os carboidratos são utilizados como fonte de energia e responsáveis pela formação estruturais em alimentos. Além disso, alguns carboidratos ainda possuem a função de estabilizar estruturas alimentares como espumas, dando firmeza à sistemas proteicos (Makri & Doxastakis, 2006).

Embora o comportamento apresentado seja de aumento com a elevação da temperatura de secagem, não necessariamente as menores temperaturas resultaram em degradação dos carboidratos dos grãos de feijão, visto que os dados são obtidos por análise proximal, subtraindo de 100% os valores pertinentes ao teores de proteínas, lipídios, fibra bruta e cinzas, o que não implica necessariamente em deterioração do carboidrato em baixas temperaturas, mas também a deterioração dos outros compostos nas temperaturas mais altas, conforme observado por Schuh et al. (2011).

O teor de cinzas não apresentou tendência de comportamento e os resultados obtidos variaram de 3,94 a 3,96%. O resultado é esperado, visto que as cinzas são constituídas de material inorgânico e, portanto, não sofrem alteração na faixa de temperatura estudada.

Os valores obtidos no presente trabalho são próximos aos já mencionados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Unicamp, 2011), e pelos autores Silva et al. (2013) para cultivares de feijão carioca cru, que apresentaram valores de proteínas variando de 20 a 28,6%, de lipídios de 1,3 a 1,84%, de carboidratos de 36,33 a 61,2%, a de fibras totais de 18,4 a 29,44% e o de cinzas de 3,5 a 4,03%.

A diferença pode ser justificada pela grande diversidade de espécies e cultivares de feijão, o que implica em ampla variedade da composição nutricional, e por consequência, de suas bioatividades (Zhang et al, 2014). Além disso, deve-se ressaltar que os testes foram conduzidos no feijão cru, e que após o processo cozimento, várias reações são provocadas, e o produto fica sujeito à perda de nutrientes e modificações de suas estruturas.

4. Considerações Finais

Os resultados apresentados trazem contribuições para o setor alimentício que trabalha com o processamento do feijão BRS Estilo. De acordo com a finalidade do processamento é possível adotar determinada temperatura, uma vez que, a temperatura de secagem não influenciou no teor dos minerais, assim como nos teores de fibra total e cinzas, para a cultivar BRS Estilo; no entanto, maiores valores de temperatura propiciaram redução dos teores de proteínas e lipídios.

Assim o objetivo proposto inicialmente foi alcançado. Embora o efeito imediato da temperatura tenha se expressado na proteína e nos lipídios do feijão, para seu processamento visando uma produção mais quantitativa, é possível a realização da secagem em temperaturas de até 70 °C, devido à agilidade do processo e baixa expressividade na qualidade global do feijão.

Em trabalhos futuros recomenda-se que os dados de secagem sejam analisados em conjunto o armazenamento, de forma a se evidenciar os efeitos imediatos e latentes da secagem.

Referências

Alencar, E. R. D., Faroni, L. R., Peternelli, L. A., da Silva, M. T., & Costa, A. R. (2010). Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(3), 303-308.

Arici, M., Yildirim, R. M., Özülkü, G., Yaşar, B., & Toker, O. S. (2016). Physicochemical and nutritional properties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour as affected by drying temperature and air velocity. *LWT*, 74(1), 434-440.

Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC: AOAC, 1984. 1141p.

Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods and recommended practices of the AOCS. Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique Ba 6a-05. 6 ed. Chicago: American Oil Chemists Society, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. (2009). *Regras para análise de sementes*.

Chen, X., Li, X., Mao, X., Huang, H., Wang, T., Qu, Z., Miao, J., Gao, W. (2017). Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. *Food chemistry*, 224(1), 224-232.

Cichy, K. A., Caldas, G. V., Snapp, S. S., & Blair, M. W. (2009). QTL analysis of seed iron, zinc, and phosphorus levels in an Andean bean population. *Crop Science*, 49(5), 1742-1750.

Danso-Boateng, E. (2013). Effect of drying methods on nutrient quality of Basil (*Ocimum viride*) leaves cultivated in Ghana. *International Food Research Journal*, 20(4), 1569.

Dehnad, D., Jafari, S. M., & Afrasiabi, M. (2016). Influência da secagem nas propriedades funcionais dos biopolímeros alimentares: das tradicionais às novas técnicas de desidratação. *Trends in Food Science & Technology*, 57(1), 116-131.

Detmann, E., Souza, M. A., Valadares Filho, S. C., Queiroz, A. C., Berchielli, T. T., Saliba, E. O. S., Cabral, L. S., Pina, D. S., Ladeira, M. M., Azevedo, J. A. G. Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

Deliberali, J., Oliveira, M., Durigon, A., Dias, A. R. G., Gutkoski, L. C., & Elias, M. C. (2010). Efeitos de processo de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(5), 1285-1292.

Dussert, S., Davey, M. W., Laffargue, A., Doubeau, S., Swennen, R., & Etienne, H. (2006). Oxidative stress, phospholipid loss and lipid hydrolysis during drying and storage of intermediate seeds. *Physiologia Plantarum*, 127(2), 192-204.

Eiras, D. L., & Biaggioni, M. A. M. (2014). Perda de matéria seca em grãos de milho submetidos a sistemas de secagem natural e artificial. *Energia na Agricultura*, 29(3), 228-235.

Evangelho, J. A. do, Vanier, N. L., Pinto, V. Z., Berrios, J. J. de, Dias, A. R. G., & Rosa Zavareze, E. de. (2017). Black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein hydrolysates: Physicochemical and functional properties. *Food chemistry*, 214(1), 460-467.

Fabbri, A. D., & Crosby, G. A. (2016). A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 3, 2-11.

Ferrari Filho, E. Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento. 2011. 109f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2011.

Furquim, L. C., Souza Castro, C. F. de, Resende, O., Campos, J. M. C., Cabral, A. L., & Furquim Filho, C. S. (2014). Efeito da secagem e do armazenamento das sementes de pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) na qualidade do óleo. *Científic@-Multidisciplinary Journal*, 1(1), 51-70.

Greggains, V., Finch-Savage, W. E., Quick, W. P., & Atherton, N. M. (2000). Metabolism-induced free radical activity does not contribute significantly to loss of viability in moist-stored recalcitrant seeds of contrasting species. *The New Phytologist*, 148(2), 267-276.

Hartmann Filho, C. P. Efeito imediato e latente da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica e tecnológica de sementes de soja produzidas na segunda safra. 96f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015.

João, E. C. B. Qualidade tecnológica de grãos de feijão carioca armazenados. 2016. 150 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2016.

Lima, R. A. Z. Armazenamento de feijão: uso da embalagem a vácuo na manutenção da qualidade. 2013. 107f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2013.

Makri, E. A., & Doxastakis, G. I. (2007). Surface tension of *Phaseolus vulgaris* and coccineus proteins and effect of polysaccharides on their foaming properties. *Food Chemistry*, 101(1), 37-48.

Malavolta, E., Vitti, G. C., Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

Miceli, A., & Miceli, C. (2012). Effect of thermal treatments on vitality and physical characteristics of bean, chickpea and lentil. *Journal of stored products research*, 51(1), 86-91.

Mirhosseini, H., & Amid, B. T. (2013). Effect of different drying techniques on flowability characteristics and chemical properties of natural carbohydrate-protein Gum from durian fruit seed. *Chemistry Central Journal*, 7(1), 1.

Mirhosseini, H., Amid, B. T., & Cheong, K. W. (2013). Effect of different drying methods on chemical and molecular structure of heteropolysaccharide-protein gum from durian seed. *Food Hydrocolloids*, 31(2), 210-219.

Nakitto, A. M., Muyonga, J. H., & Nakimbugwe, D. (2015). Effects of combined traditional processing methods on the nutritional quality of beans. *Food science & nutrition*, 3(3), 233-241.

Nguimbou, R. M., Njintang, N. Y., Makhlof, H., Gaiani, C., Scher, J., & Mbofung, C. M. (2013). Effect of cross-section differences and drying temperature on the physicochemical, functional and antioxidant properties of giant taro flour. *Food and bioprocess technology*, 6(7), 1809-1819.

Oliveira, V. R. D., Ribeiro, N. D., Maziero, S. M., Cargnelutti Filho, A., & Jost, E. (2011). Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. *Ciência Rural*, 41(5), 746-752.

Oliveira, L. D. C., Oliveira, M., Meneghetti, V. L., Mazzutti, S., Colla, L. M., Elias, M. C., & Gutkoski, L. C. (2012). Effect of drying temperature on quality of β -glucan in white oat grains. *Food Science and Technology*, 32(4), 775-783.

Oliveira, D. E. C., Resende, O., Mendes, U. C., de Souza Smaniotto, T. A., & Donadon, J. R. (2014). Modelagem da contração volumétrica do feijão-adzuki durante a secagem. *Científica*, 42(1), 23-31.

Pereira, A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 31 março 2020.

Prodanov, C. C.; Freitas, E. C. de. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*, 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 02 abril 2020.

Resende, O., Ferreira, L. U., & Almeida, D. P. (2010). Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem do feijão Adzuki (*Vigna angularis*). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 12(2), 171-178.

Ribeiro, N. D., Rodrigues, J. D. A., Prigol, M., Nogueira, C. W., Storck, L., & Gruhn, E. M. (2014). Evaluation of special grains bean lines for grain yield, cooking time and mineral concentrations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 14(1), 15-22.

Rupollo, G. Efeito das condições e do tempo de armazenamento na qualidade de grãos de feijão carioca. 2011. 75f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, 2011.

Santos, A. P. Farinha de batata (*Solanum Tuberosum* L.): Obtenção, caracterização físico-química, funcional, elaboração e caracterização de sopas desidratadas. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

Schuh, G. C., Gottardi, R., Ferrari Filho, E., Antunes, L. E. G., & Dionello, R. G. (2011). Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. *Semina: ciências agrárias*. 32(1) 235-244.

Sgarbieri, V. C. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações e modificações. São Paulo: Varela, 1996. 517p.

Silva, M. O., Brigide, P., & Canniatti-Brazaca, S. G. (2013). Characterization of the composition proximal and mineral of different cultivars of common bean raw and cooking. *Alimentos e Nutrição*, 24(3), 339-346.

Silva, C. A., Abreu, A., Ramalho, M. A. P., Correa, A. D., & Maia, L. G. S. (2010). Genetic variability for protein and minerals content in common bean lines (*Phaseolus vulgaris* L.). Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, 53(1), 144-145.

Silva, A. D., Pereira, T., Coelho, C. M. M., Almeida, J. A. D., & Schmitt, C. (2011). Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33(1), 147-152.

Unicamp - Universidade Estadual de Campinas. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4. ed. revisada e ampliada. Campinas, 2011. 161p.

Vieira, C., Paula Júnior, T. J., Borém, A. Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. 2ed. Atual., Viçosa: Editora UFV, 2006. 600p.

White, P. J., & Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182(1), 49-84.

Zhang, B., Deng, Z., Tang, Y., Chen, P., Liu, R., Ramdath, D. D., Liu, Q., Hernandez, M. (2014). Fatty acid, carotenoid and tocopherol compositions of 20 Canadian lentil cultivars and synergistic contribution to antioxidant activities. *Food chemistry*, 161(1), 296-304.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Valdiney Cambuy Siqueira – 15%

Maria Heloisa Junqueira – 15%

Wellyton Darci Quequeto – 15%

Fernanda Pimentel da Silva – 15%

Vanderleia Schoeninger – 10%

Tábata Zingano Bischoff Soares – 10%

Geraldo Acácio Mabasso – 10%

Cesar Pedro Hartmann Filho – 10%