**INFLUÊNCIA DO TEOR DE ÁGUA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO FEIJÃO**

**AZUKI (*VIGNA ANGULARIS*)**

*Influence of water content on the physical properties of Azuki beans (Vigna angularis)*

**Henrique Valentim MOURA¹; Eugênia T. V. SILVA2; Thais Jaciane A. RODRIGUES3; Sâmela L. BARROS4; Hanndson A. SILVA5**

**RESUMO:** A determinação de propriedades físicas de grãos possui grande importância em diversas etapas do processo de beneficiamento, como o dimensionamento de equipamentos e sistemas para colheita, manuseio, transporte, secagem e armazenamento. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características físicas do feijão azuki em função da influência da alteração do teor de água do grão. Os grãos de feijão azuki apresentaram teor de água inicial de 10%, buscando faixas de diferentes teores de água, os grãos foram submergidos em água em diferentes proporções e armazenados em estufa incubadora B.O.D para evitar contaminação, por 24 horas, obtendo assim teor de água de 15% e 20%. Os grãos foram caracterizados fisicamente pelas análises de teor de água, atividade de água, massa especifica aparente, massa específica real, porosidade, massa de mil grãos, volume do grão, ângulo de repouso estático e dinâmico, dimensões (a, b, c) e esfericidade. A análise estatística foi feita através do software Statistica 7.0, onde os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Após execução das análises foi possível observar variações significativas na maioria dos parâmetros avaliados, com aumentos ou diminuições dos valores de forma coerente e proporcional ao seu respectivo aumento do teor de água. Todos os parâmetros com exceção da dimensão do grão apresentaram diferença significativa nos seus valores pelo menos com uma variação do teor de água.

**Palavras-chave:** Dimensões; Grão; Massa especifica.

**ABSTRACT:** The determination of physical properties of grains has great importance in several stages of the processing process, such as the sizing of equipment and systems for harvesting, handling, transport, drying and storage. This work aimed to evaluate the physical characteristics of the azuki bean as a function of the influence of the change in water content of the grain. The grains of azuki beans had an initial water content of 10%, looking for ranges of different water contents, the grains were submerged in water in different proportions and stored in a B.O.D incubator to avoid contamination, for 24 hours, thus obtaining water contents of 15% and 20%. The grains were physically characterized by the analysis of water content, water activity, apparent specific mass, actual specific mass, porosity, mass of one thousand grains, grain volume, static and dynamic resting angle, dimensions (a, b, c) and sphericity. The statistical analysis was done through the software Statistica 7.0, where the results obtained were evaluated by analysis of variance (ANOVA) and the means were compared by Tukey's test at 5% probability. After performing the analysis it was possible to observe significant variations in most of the evaluated parameters, with increases or decreases in the values in a coherent manner and proportional to their respective increase in water content. All parameters except the grain size showed a significant difference in their values with at least one variation in water content.

**Key words:** Dimensions; Grain; Specific mass.

**INTRODUÇÃO**

 O feijão azuki (Vigna angularis) é uma espécie originária das regiões tropicais da Ásia, sendo uma das culturas mais tradicionais do leste da Ásia, representa um alimento de amplo consumo na dieta de países como o Japão, a Coreia e a China. Esse alimento apresenta elevado teor de proteína vegetal e carboidratos, destacando-se pelo alto teor de fibras alimentares, vitaminas e minerais, além de possuir baixa quantidade de lipídios. (ORSI et al., 2017; SATO et al., 2016).

Os grãos do feijão azuki são pequenos e tem naturalmente sabor doce, sendo a cultivar de cor vermelha a mais apreciada pelos orientais. Os compostos bioativos no revestimento de sementes de feijão azuki têm recebido um interesse significativo por causa de suas propriedades antioxidantes promotoras da saúde. A presença de compostos antioxidantes como flavonoides e tocoferóis nos alimentos é muito importante para reduzir o risco de doenças relacionadas ao estilo de vida em humanos (CAROCHO e FERREIRA, 2013; GOHARA, 2016).

Em países asiáticos como Japão, China e Coréia, este feijão é consumido na forma de pasta, cozida e adoçada, como sobremesas e lanches como bolos e doces. No Brasil, é consumido principalmente nas colônias japonesas, especialmente como doces e muitas iguarias orientais. (MENDES et al., 2016; GOHARA et al., 2016).

 Nas estatísticas mundiais sobre a produção de feijão, o Brasil aparece em 3º lugar, atrás de Myanmar e Índia (FAO, 2017). Estas estatísticas costumam incluir diversas espécies, agrupadas como *dry beans*. Entre estas espécies se apresentam os grãos de feijão azuki.

Os cereais diferem nas propriedades físicas dos grãos, estas são importantes no mecanismo de causa e efeito relacionado a produtividade. Os principais critérios usados para selecionar grãos para usos específicos estão relacionados às suas propriedades físicas, pois afetam a composição química, a funcionalidade e o ótimo uso final (SERNA-SADIVAR, 2016; VIDAL et al., 2016).

As características físicas como forma e tamanho são de grande interesse para o controle e automação de equipamentos, visando melhorar a qualidade do produto, agregando valor econômico e, consequentemente, reduzindo custos com mão de obra e tempo na operação de processamento e de pós-colheita, considerando assim as propriedades físicas de produtos agrícolas como sendo de grande importância para estudos envolvendo transferência de calor e massa e movimentação de ar em massas granulares (MORAIS et al., 2018; MENDES et al., 2016).

Desta forma, este estudo teve com objetivo avaliar a influência do teor de água sobre as propriedades físicas dos grãos de feijão azuki.

**MATERIAL E MÉTODOS**

Os grãos de feijão azuki foram obtidos no comércio local da cidade de Campina Grande- PB, acondicionados em embalagens herméticas de plástico de 500g e armazenados em temperatura ambiente.

O teor de água inicial dos grãos de feijão azuki foi determinado através do medidor de umidade de grãos de bancada da marca GEHAKA, em três repetições sendo este valor de 10 %. Para o aumento do teor de água dos feijões, adicionaram-se diferentes proporções de água (10 e 20 mL) a uma relação média de 300 grãos, seguido de armazenamento em estufa incubadora B.O.D. à 10 °C durante 24h. Após esse período os feijões apresentaram teor de água de 15% e 20% respectivamente.

 A caracterização física dos grãos ocorreu conforme as metodologias abaixo

 Massa de mil grãos foi determinada através de pesagem dos grãos em balança analítica de precisão 0,0001 g, os resultados foram expressos em g, de acordo com Brasil (2009). Para o cálculo da massa do grão foram feitas três repetições de 100 grãos pesados individualmente, gerando um valor médio da massa individual do grão. O volume foi determinado de acordo com Mohshenin (1978), como mostra a equação 1:

$V=\left(massa\_{bequer+água+grão}\right)-(massa\_{bequer+água})$ (1)

 A massa específica real ($ρ\_{r})$ foi determinada pelo método do deslocamento de água, pesando-se cada grão, em seguida pesando-se um becker com água e posteriormente o becker com a água e com o grão. Sendo quantificado pela equação 2:

$ρ\_{r}\left(\frac{g}{cm^{3}}\right)=\frac{massa\_{grão}}{volume\_{deslocado}}$ (2)

 A massa específica aparente ($ρ\_{a})$ foi calculada pela relação entre a massa dos grãos e o volume ocupado por estes grãos (volume do recipiente), como mostra a equação 3:

$ρ\_{a}(\frac{g}{cm^{3}})=\frac{massa\_{grão}}{volume\_{ocupado}}$ (3)

 Para determinar as dimensões dos grãos utilizou-se um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, foram realizadas as medidas nas dimensões a, b e c: comprimento (a); largura (b); e espessura (c). Para determinar a porosidade ($ε) $utilizou-se a metodologia proposta por Mohshenin (1978) quantificada pela equação 4:

$ε (\%) =ρ\_{r}-\frac{ρ\_{a}}{ρ\_{r}}100$ 4)

Onde:

$ε$- porosidade da massa granular (%);

ρa- massa específica aparente (g/cm³);

ρr- massa específica real ou unitária (g/cm³).

 A esfericidade foi determinada utilizando 15 grãos para cada teor de água estudado, sendo calculada a partir da equação 5 (MOHSENIN, 1978).

$φ\left(\%\right)=\frac{d\_{i}}{d\_{c}}100$ (5)

Onde:

$φ$- Esfericidade (%);

$d\_{i}$- Diâmetro do maior círculo inscrito (mm);

$d\_{c}$- Diâmetro do menor círculo circunscrito (mm).

 O ângulo de repouso dinâmico foi determinado usando-se uma estrutura de madeira montada sobre uma plataforma plana, porém móvel. A plataforma foi então inclinada até se conseguir o início do movimento dos grãos, o momento em que o ângulo foi medido corresponde ao início do movimento, conforme metodologia de Almeida et al. (2006);

 Ângulo de repouso estático foi calculado com base no ângulo formado entre a pilha de grãos e o plano horizontal sobre o qual o grão permanece quando empilhado. Ao permitir a descarga dos grãos, um cone de grão é formado sobre a plataforma circular. O ângulo de repouso foi obtido da geometria do cone, como mostra a equação 6:

$θ\_{r}=tan^{-1}(^{H}/\_{D})$ (6)

Onde:

$θ\_{r}$- Ângulo de repouso (°);

H = Altura do cone formado (mm);

D = Diâmetro formado (mm).

 Atividade de água (Aw) foi determinada a 25 °C em AquaLab Série 3TE, conforme Brasil (2005).

O tratamento estatístico dos dados foi feito no software Statistica 7.0, sendo os resultados avaliados por análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

 Na Tabela 1, encontram-se os resultados obtidos para as análises físicas do feijão azuki, sendo a porcentagem da legenda a que denomina cada amostra referente ao teor de água do grão.

Tabela 1 – Resultados obtidos para os parâmetros físicos

|  |  |
| --- | --- |
| **Propriedades Físicas** | **Teores de água** |
| **10%** | **15%** | **20%** |
| **Teor de água (%)** | 10,1040a | 15,0887b | 20,1273c |
| **Atividade de água** | 0,5950a | 0,7916b | 0,9433c |
| **Massa do grão (g)** | 0,0819a | 0,0895b | 0,1061c |
| **Massa 1000 grãos (g)** | 71,3066a | 80,4566b | 99,8443c |
| **Massa específica real (g/cm³)** | 1,3623a | 1,5634ab | 1,8523b |
| **Massa específica aparente (g/cm³)** | 0,7797a | 0,7917a | 0,8483b |
| **Porosidade (%)** | 44,5000a | 44,8933a | 57,6266b |
| **Volume por deslocamento (cm³)** | 0,0515a | 0,0529ab | 0,0628b |
| **Ângulo de repouso dinâmico (°)** | 22,6667a | 23,3333ab | 25,0000b |
| **Ângulo de repouso estático (°)** | 0,0700a | 0,1787b | 0,1966b |
| **Dimensão a (mm)** | 7,2980a | 7,5085a | 7,5860a |
| **Dimensão b (mm)** | 4,2653a | 4,2940a | 4,3000a |
| **Dimensão c (mm)** | 3,2400a | 3,3135a | 3,3220a |
| **Esfericidade (%)** | 50,7285a | 53,4042ab | 55,7706b |

Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente (P ≤0,05) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância

Observa-se na tabela 1 que com o aumento do teor de água houve um aumento da atividade de água, com as três amostras diferindo estatisticamente entre si. De acordo com Cunha (2016) a importância da atividade de água está na sua relação com a conservação do grão, seus valores mostram quais as chances que o mesmo tem de se deteriorar. Quanto mais elevada for a atividade da água, mais rápido os microrganismos (como bactérias, leveduras e bolores) serão capazes de se desenvolver, assim como as reações enzimáticas, partindo deste preceito, quanto menor a atividade de água, que varia entre 0 e 1, maior será a conservação do grão.

O efeito da variação do teor de água na massa do grão e na massa de 1000 grãos, sendo ambos os índices qualitativos, apresentou diferença significativa entre as amostras para cada parâmetro, sendo possível verificar que com o aumento do teor de água houve consequentemente aumento nos mesmos, tendo em vista que com a elevação do teor de água houve a absorção de água pelo grão de feijão e assim o aumento da sua massa, seja ela individual ou de 1000 grãos.

 Para massa específica real e aparente observa-se uma tendência de aumento destes parâmetros com o aumento do teor de água dos grãos. Comportamento semelhante foi observado por Olveira et al. (2017) em estudo com feijão Caupi; por Sousa et al. (2016) em estudo com arroz vermelho e por Silva et al. (2014) em grãos de amendoim.

Segundo Cavalcanti-Mata e Duarte (2002) a porosidade intergranular de um grão é considerada como sendo umas das características físicas mais importantes, pois é necessária para o dimensionamento de várias estruturas como silos, containers, caixas, embalagens, além de estar contida dentro dos estudos da transferência de calor e de massa. Observou-se que a porosidade variou entre 44,50 e 57,62 %, em que as amostras com teor de água de 10 e 15 % não diferiram significativamente entre si em um nível de significância de 5%, embora se observa uma tendência de aumento com o incremento do teor de água. Sousa et al. (2016) também observaram esta mesma tendência ao estudarem grãos de arroz vermelho.

O volume por deslocamento apresentou valores crescentes à medida que houve o aumento do teor de água, podendo ser observado que quanto maior o teor de água do grão maior a sua massa e consequente capacidade de deslocamento do líquido ao qual venha a entrar em contato. Alguns autores relatam este mesmo comportamento, como Gomes et al. (2018) em estudos com feijão caupi e Morais et al. (2018) em estudo com grãos de soja.

Quanto ao ângulo de repouso dinâmico a amostra contendo 10% de teor de água não diferiu significativamente da amostra contendo 15% de teor de água, apesar disto observa-se um aumento do parâmetro com o incremento do teor de água. Este comportamento pode ser justificado porque os grãos desenvolvem uma superfície mais rugosa devido ao acréscimo de água, gerando assim maior resistência ao deslizamento entre as partículas e consequentemente o ângulo de repouso dinâmico se torna superior.

Pode-se afirmar também que o ângulo de repouso estático é diretamente proporcional ao teor de água presente no grão de feijão azuki. Resultados semelhantes de ângulo de repouso foram observados por Razavi et al. (2009) e Botelho (2015) para grãos de canola e soja, respectivamente.

Observou-se que as dimensões, comprimento, largura e espessura aumentaram em função do teor de água, porém as diferenças não foram significativas estatisticamente a um nível de 5%. Ao estudar grãos de girassol Coradi et al. (2015) também observou uma relação direta entre o aumento do teor de água e o aumento das dimensões.

Constatou-se que a esfericidade está diretamente proporcional ao teor de água dos grãos do feijão azuki, havendo dessa maneira uma tendência no aumento desta propriedade quando há o aumento do teor de água no grão, a máxima esfericidade obtida foi correspondente à umidade de 20%. Gomes et al. (2018) em estudos com feijão caupi também observaram influência do teor de água na esfericidade dos grãos.

**CONCLUSÕES**

A quantidade de água absorvida pelo grão exerceu influência direta em suas propriedades físicas. Todos os valores dos parâmetros avaliados aumentaram proporcionalmente ao aumento do teor de água do grão. Todos os parâmetros com exceção da dimensão do grão apresentaram diferença significativa nos seus valores pelo menos com uma variação do teor de água.

**REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, F. de A. C.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C. Secagem de Sementes. Tecnologia de Armazenagem em sementes. 1. ed. Campina Grande: Marconi. v.1. 382p, 2006.

BOTELHO, F.M.; GRANELLA, S. J.; CAMPOS, S. C.; GARCIA, T. R. B. Influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. Reveng. Engenharia na agricultura. Viçosa - Mg, V.23 N.212-219p, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, p. 399, 2009.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos / Ministério da Saúde, Agência Nacional de VigilânciaSanitária. Brasília: Ministério da Saúde, p. 1018, 2005.

CAROCHO, M.; FERREIRA, I.C.F. Revisão sobre antioxidantes, prooxidantes e controvérsias relacionadas: Compostos naturais e sintéticos, metodologias de triagem e análise e perspectivas futuras. Toxicologia Alimentar e Química, v.51, n.1, p. 15-25, 2013.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M; DUARTE, M.E.M. Porosidade intergranular de produtos agrícolas. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.4, n.1, p.79-93, 2002.

CORADI, P. C.; HELMICH, J. C.; FERNANDES, C. H. P.; PERALTA, C. C. Propriedades físicas de grãos de girassol após secagem. Revista Ciência Agroambientais, v.13, n.2, p.74-77, 2015.

CUNHA, H. V. F. A diferença entre Atividade de Água (Aw) e o Teor de Umidade nos alimentos. 2016. Disponível em <https://foodsafetybrazil.org/diferenca-entre-atividade-de-agua-aw-e-o-teor-de-umidade-nos-alimentos/>. Acesso em: 23 de dezembro de 2020.

FAO. Base de dados Faostat. 2017. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/. Acesso em: 16 novembro de 2020.

GOHARA, A. K.; SOUZA, A. H. P.; GOMES, S. T. M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V.; MATSUSHITA, M. Nutritional and bioactive compounds of adzuki bean cultivar using chemometric approach. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p. 104-113, 2016.

GOMES, F. H. F.; LOPES FILHO, L. C.; OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SOARES, F. A. L. Tamanho e forma de grãos de feijão-caupi em função de diferentes teores de água. Engenharia na Agricultura*,* v.26, n.5, p. 407-416, 2018.

MENDES, C. U. et al. Effect of drying on the physical properties of adzuki bean. Semina: Ciências Agrárias, v. 37, n. 6, 2016.

MOHSENIN, N.N. Physical properties of plant and animal material. Gorson and Breach Science Publishess. New York, 2 Ed, 742p, 1978.

MORAIS, W. A.; RESENDE, O.; CUNHA, F. N.; VIDAL, V. M.; SILVA, N. F.; SILVA, L. S.; HORSCHUTZ, A. C. O.; QUINTINO, VV. L. Shape and size of soybean grains under different moisture contents. Semina: Ciências Agrárias, v. 39, n. 6, p. 2821-2834, 2018.

OLIVEIRA, A.; BOTELHO, F. M.; BOTELHO, S. C. C.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; ALMEIDA, L. C. B. Efeito da temperatura de secagem sobre as propriedades fisícas dos grãos de feijão caupi. IN: XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, Maceió –AL, 2017. Anais eletrônicos. Maceió –AL, 2017. Disponível em < https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172350/1/2017-cpamt-silviabotelho-efeito-temperatura-secagem-propried-fisica-caupi.pdf>. Acesso em 02 de novembro de 2020.

ORSI, D. C.; NISHI, A. C. F.; CARVALHO, V. S.; ASQUIERI, E. R. Caracterização química, atividade antioxidante e formulação de doces com feijão azuki (Vigna angularis). Brazilian Journal Food Technology, v. 20, e2016174, 2017.

RAZAVI, S. M. A., YEGANEHZAD, S., & SADEGHI, A. Moisture dependent physical properties of canola seeds. J. Agric. Sci. Technol, v. 11, n. 3, p. 309-322, 2009.

SATO, S.; MUKAY, Y.; KATAOKA, S.; KURASAKI, M. Azuki bean (Vigna angularis) extract stimulates the phosphorylation of AMP‐activated protein kinase in HepG2 cells and diabetic rat liver. Journal of the science of food and agriculture, v. 96, n. 7, p. 2312-2318, 2016.

SERNA-SALDIVAR, Sergio O. Cereal grains: properties, processing, and nutritional attributes. CRC Press, 2016.

SILVA, S. L. S.; CANEPPELE, C.; PEREIRA, M. T. J.; NUNES, J. A. S.; ORMOND, A. T. S. Propriedades físicas do amendoim em função dos teores de água dos grãos. Enciclopédia Biosfera, v.10, n.18; p. 2012524, 2014.

SOUSA, R. V.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALMEIDA, R. D.; ROSA, M. E. C.; SOUSA, A. C. Influência do teor de água nas propriedades físicas dos grãos de arroz vermelho em casca. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.18, n. especial, p.495-502, 2016.

VIDAL, V. M.; FREDERICO, A. L. S.; MARCONI, B. T.; FERNANDO, N. C.; WILKER, A. M.; NELMÍCIO, F. S.; CÍCERO, T. S. C.; GIOVANI, S. M.; JANNINY, A. C.; GOMES, F. H. F. Productivity and physical properties of corn grains treated with different gypsum doses. African Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 40, p. 4008-4014, 2016.

.