**VARIAÇÃO NO TEOR DE ÁGUA DURANTE A SECAGEM DE AMÊNDOAS COMERCIAIS DE CACAU**

ROMÁRIO DE MESQUITA PINHEIRO1, GIZELE INGRID GADOTTI2, VINICIUS DA SILVA GOMES3, EVANDRO JOSÉ LINHARES FERREIRA4, QUÉTILA SOUZA BARROS5,

1Dr. Pesquisador CNPq/INPA, Núcleo de Pesquisas no Acre, Rio Branco-AC, romario.pinheiro@inpa.gov.br;

2Dra. Pesquisadora CNPq/UFPEL, Prof. Assoc. CENG, UFPEL, Pelotas-RS, gizeleingrid@gmail.com;

3Bolsista PIBIC/INPA, Graduando em Eng. Agronômica, UFAC, Rio Branco-AC, vinicius.gomes@sou.ufac.br;

4Dr. Pesquisador INPA, Núcleo de Pesquisas no Acre, Rio Branco-AC, evandroferreira@hotmail.com;

5Dra. Pesquisadora CNPq/INPA, Núcleo de Pesquisas No Acre, Rio Branco-AC, quetilabarros@gmail.com.

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO**: O vapor de água adsorvido do ar depende principalmente de fatores como temperatura e umidade da amêndoa e umidade relativa do ar. Esse trabalho objetivou demonstrar o comportamento do teor de água em amêndoas comerciais de cacau. O experimento consistiu em 11 tratamentos com quatro repetições e as variáveis avaliadas foram: massa total do lote úmido (kg), massa total do lote seco (kg), umidade inicial (%), umidade final e diferença de umidade entre ambas (%). Para a massa inicial e final de cada lote não houve diferença estatística em suas pesagens (kg/amêndoas). Porém, para a umidade inicial e final houveram diferenças entre os tratamentos. Concluiu-se que o comportamento do teor de água em amêndoas de cacau é alterado conforme a carga de ensacamento durante o armazenamento. Apesar disso, a alteração observada não interferiu na qualidade final do produto considerando que o percentual de ≤ 3,93% de diferença entre os graus de umidade aferidos é considerado baixo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Armazenamento, dessecação, pós-colheita.

**VARIATION IN WATER CONTENT DURING DRYING OF COMMERCIAL COCOA ALMONDS**

**ABSTRACT**: The water content adsorbed from the air by beans depends mainly on factors such as temperature and humidity of the bean, and the relative humidity of the air. This work aimed to demonstrate the behavior of the water content in cocoa beans marketed for the elaboration of by-products. The experiment consisted of 11 treatments with four repetitions. The variables evaluated were: total wet mass (kg), total dry mass (kg), initial moisture (%), final moisture and difference of moisture between the two (%). For the initial and final mass of each lot, there was no statistical difference in their weighing (kg/beans). However, for the initial and final moisture there were differences between the treatments. It was concluded that the behavior of the water content in cocoa beans is altered according to the bagging load during storage. Despite this, the observed change did not interfere with the final quality of the beans considering that the percentage of ≤ 3.93% of the difference between the measured moisture contents is considered low.

**Keywords:** Storage, desiccation, post-harvest

**INTRODUÇÃO**

As amêndoas de cacau (*Theobroma cacao*) constituem matéria-prima global para a indústria de chocolates e bebidas, e de produtos cosméticos, de higiene e farmacêuticos (Deus et al., 2018). Por essa razão elas tem grande importância econômica nos países que as produzem e comercializam em grande escala. Uma das principais preocupações em relação à qualidade das amêndoas comercializadas no mercado diz respeito ao teor de água das mesmas, de tal modo que se deve proceder uma secagem específica para adequá-las ao tipo de processamento industrial que elas serão submetidas quando chegarem à indústria de beneficiamento/processamento.

Os aspectos físicos e químicos da qualidade das amêndoas são muito complexos, variáveis ao longo do tempo e dependentes do método de processamento empregado e da origem geográfica das amêndoas. Por isso, as amêndoas de cacau de qualidade comercial devem estar em conformidade com critérios específicos, incluindo o teor de umidade, acidez, aridez, teor de polifenóis, mofo e produção de micotoxinas (Misnawi, 2012). O cacaueiro é uma espécie que produz sementes recalcitrantes que, apesar de um alto conteúdo inicial de água, perdem umidade com muita facilidade. Se mantido, esse alto conteúdo inicial de água favorece uma rápida deterioração das amêndoas, que podem desenvolver fungos e emitir odores desagradáveis, resultando em perdas econômicas para os produtores.

De acordo com Engelhardt e Arrieche (Engelhardt; Arrieche, 2016), diferentes tipos de frutos podem requerer etapas diferenciadas de fermentação e secagem de suas amêndoas. Por isso, para esses tipos de sementes é importante determinar inicialmente o tempo de fermentação ideal, para só então proceder com a secagem para não comprometer a qualidade do produto final. Além dos cuidados na fermentação e na secagem, a qualidade final das amêndoas de cacau também depende da forma como são realizadas as diferentes etapas de seu processo produtivo, que inclui, entre outras, as práticas agrícolas adotadas nas fazendas produtoras, a região de origem e a forma do transporte final até a unidade industrial onde elas serão beneficiadas (Dzelagha et al., 2020).

Nas fazendas de produção de cacau a fermentação e a secagem das amêndoas constituem as principais operações com potencial de afetar fortemente a qualidade final das amêndoas comercializadas e, consequentemente, dos produtos industriais elaborados a partir das mesmas. Estudos recentes sobre o processo de secagem e seus efeitos na qualidade das amêndoas apontam para três questões principais: o método, a temperatura e a duração da secagem (Castellanos et al., 2018). Variações desses parâmetros de secagem causam efeitos significativos no teor de umidade, cor da amêndoa, pH, ácidos graxos, polifenóis, metilxantinas, proteínas e compostos aromáticos, que constituem parâmetros de qualidade excepcionais (Castellanos et al., 2018; Kongor, J. E. et al., 2016; Pinheiro, R. M.; Gadotti, G. I., 2022).

Na maioria das vezes, a secagem das amêndoas de cacau é feita expondo-as ao sol sobre uma plataforma elevada. Para garantir uma secagem uniforme, elas são reviradas manualmente com uma certa frequência e, ao final do processo, ensacadas em grandes sacos conhecidos como big bags, que, ao final do dia, são carregados para dentro do armazém para a continuação da cura. O método de secagem ao sol, entretanto, é sempre demorado e apresenta baixo rendimento devido aos desafios impostos pelas condições climáticas (Ilhediwa, M. C. et al., 2022). Estudos de técnicas alternativas para melhorar a secagem das amêndoas quase sempre envolvem o uso de técnicas de secagem com ar quente por convecção tendo como preocupações principais um custo benefício aceitável, não ser poluente, não emitir odores e alterar a coloração das amêndoas.

A secagem das amêndoas em equipamentos industriais, como os secadores a gás, permite maior rapidez de secagem e rendimento do trabalho, atingindo escala comercial de processamento sem comprometer os padrões de qualidade final das amêndoas. Conforme exposto, o objetivo com este trabalho foi demonstrar o comportamento do teor de água em amêndoas de cacau de qualidade comercial durante o processo de secagem industrial das mesmas.

**MATERIAL E MÉTODOS**

 O estudo foi realizado em uma unidade industrial de beneficiamento de amêndoas de cacau pertencente a uma empresa multinacional localizada em Ilhéus, Bahia. Essa empresa adquire frutos de cacau, beneficia as amêndoas e elabora matérias-primas básicas (cacau líquido e em pó, manteiga e gordura de cacau) utilizadas na elaboração de produtos alimentícios industrializados. Ela também beneficia e comercializa amêndoas inteiras de cacau.

**Etapas de processamento**

 Antes de chegar na planta industrial, os frutos de cacau foram abertos para a retirada das amêndoas ainda envoltas pela sua mucilagem de proteção. Nessa condição, elas foram colocadas para fermentar em tanques cheios com água em temperatura ambiente por um período que variou entre quatro e seis dias. Depois, a mucilagem foi retirada e as amêndoas conduzidas para a limpeza final na unidade de beneficiamento, que deixou as amêndoas limpas e prontas para a secagem. Ao final desse processo, elas foram ensacadas em sacos tipo big bags de polipropileno com capacidade aproximada de 1,2 t. Em algumas situações, a umidade das amêndoas que seriam levadas para o armazenamento - determinada logo após o beneficiamento - estava com atividade de água elevada (22%), sendo necessário utilizar dessecante comercial para diminuir a umidade e garantir que as amêndoas não fossem atacadas por fungos.

**O equipamento de secagem**

 O tipo de secador estudado apresenta dimensões 6,65 m de comprimento x largura 2,50 m x altura 3,25 m, além de um formato semelhante a um octógono. Suas divisões são compostas por 12 células no qual, comporta uma camada de amêndoa de aproximadamente 45 cm de espessura. Tem uma capacidade total de 17 t ou aproximadamente 300 sacos por carga. Seu funcionamento é através de um sistema de gás GLP passando entre os queimadores no interior do secador para seu aquecimento, além de apresentar motor de 12,5 cv modelo premium W22 (rotação 1765 rpm, tensão 220-380 V) com hélices de 795 mm (pás de 37,5°). Também é composto por um painel de controle digital que controla a temperatura do ar, além da pressão de gás.

 **Secagem**

Para este estudo, cerca de 10 t de amêndoas frescas foram acondicionadas em sacos big bag que foram pesados em balanças automatizadas integradas ao secador. O teor de água inicial das amostras foi determinado com equipamento da marca Gehaka (Serie 600). A secagem, efetuada sob temperatura de 80 °C, durou em torno de 35 min. No final da secagem, uma nova pesagem e determinação de umidade das amêndoas contidas nos big bags foi feita para determinar a massa e a umidade final das amostras.

**Variáveis**

 Para o experimento foram utilizados 10 big bags (considerados como repetições) cujos conteúdos de amêndoas foram secos simultaneamente em um único turno de secagem e formaram, ao final, um lote completo de amêndoas secas de forma uniforme. Antes de serem colocados no secador, cada saco big bag foi pesado individualmente e de cada um deles foram determinadas a massa e o grau de umidade, que formaram o seguinte conjunto de variáveis: massa total do lote úmido - MTLU (kg), massa total do lote seco - MTLS (kg), umidade inicial - UI (%), umidade final - UF e diferença de umidade calculada entre ambas (%).

**Análise estatística**

 O experimento consistiu em um multifatorial com 11 tratamentos e 10 repetições (lotes x repetições). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação entre as médias foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no software WinSTAT.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os valores médios das variáveis MTLU e MTLS entre os lotes variaram de 3,21 kg e 21,10 kg, sendo esse as diferenças de massa entre os lotes das amêndoas de cacau. No entanto, sua variação foi de 63,38%, com uma média geral de 10,44% para a diferença de perda de massa observada durante a secagem inicial e a final (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da relação entre massa total dos lotes com seus respectivos teores de umidade nas amêndoas de cacau para iniciar processo de industrialização.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **TRATAMENTOS**  | **N/A** | **MTLU (Kg)** ns | **MTLS (Kg)** ns | **UI (%) \*** | **UF (%) \*** |
| Lote 1 | 10 | 996,60 | 992,70 | 9,73bc | 7,14a |
| Lote 2 | 10 | 1005,45 | 984,60 | 9,82b | 6,34b |
| lote 3 | 10 | 990,66 | 984,83 | 8,28d | 6,88a |
| lote 4 | 10 | 1002,10 | 994,60 | 9,73b | 7,14a |
| lote 5 | 10 | 1007,11 | 993,33 | 8,29d | 6,71ab |
| lote 6 | 10 | 1006,00 | 984,90 | 8,74cd | 7,14a |
| lote 7 | 10 | 1006,00 | 990,22 | 10,90a | 6,97a |
| lote 8 | 10 | 1001,42 | 990,40 | 8,39d | 7,08a |
| lote 9 | 10 | 1003,30 | 995,00 | 8,54cd | 7,01a |
| lote 10 | 10 | 1005,12 | 1001,50 | 8,99bcd | 6,92a |
| lote 11 | 10 | 997,33 | 994,12 | 8,69cd | 6,80a |
| **Média Geral** | -  | 1001,91 | 991,06 | 9,07 | 6,91 |
| **Coef\_Var.** | -  | 8,62 | 1,34 | 6,78 | 4,41 |

ns = não significativo; \*Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. MTLU = Massa total do lote úmido, MTLS = Massa total do lote seco, UI = umidade inicial de secagem e UF = Umidade final após a secagem. N/A = número de amostra analisadas/repetições. Coef\_Var. = Coeficiente de variação.

O coeficiente de variação para ambas variáveis foi relativamente baixo, se destacando MTLS com o coeficiente de variação de 1,34%. Isso implica que após o processamento de secagem os lotes formados se mantiveram mais uniformes. Embora as amêndoas de cacau apresentem comportamento recalcitrante, seu teor de água se perde com facilidade e por isso se observou baixo graus de umidade após a etapa de secagem, cuja média de umidade foi de 6,91%, um valor ideal para o processamento industrial das amêndoas.

Sobr os valores da diferença entre a umidade inicial e final. Se constatou que o lote 7 mostrou uma diminuição de 3,93% do teor de água durante a secagem. Esse resultado era esperado visto que quanto maior for a massa das amêndoas, maior será o grau de umidade que elas apresentam. As condições de secagem no equipamento utilizado foram ideais e o tempo de secagem foi rápido. Pode-se dizer que o equipamento foi eficiente, pois no geral, a perda ou retirada de água entre os lotes variou de 1,31% a 3,93%, com uma média geral de 2,16%.

A redução do teor de água é geralmente realizada através do calor sendo a secagem um dos processos de pós-colheita que desempenham um dos papéis mais importantes na formação de produtos de cacau com alta qualidade. A mesma consiste em um processo termodinâmico complexo em que a transferência instável de calor e massa ocorre simultaneamente (Komolafe, C. A. et al., 2021). A secagem é uma das operações de pós-colheita mais eficazes para reduzir a deterioração e melhorar a vida útil dos produtos agrícolas (Komolafe, C. A.; Waheed, M. A.; Olabamij, T. S., 2018).

No presente estudo, os lotes estudados apresentaram valor de massa semelhantes, refletindo as condições de retirada da mucilagem e separação das amêndoas durante o beneficiamento, e a aderência a padrões homogêneos de qualidade. O beneficiamento e a secagem das amêndoas não interferiram na massa por quilograma de cacau, pois não se verificou diferenças estatísticas nas pesagens antes e após a secagem. Casos os lotes obtidos tivessem mostrado diferenças muito grandes, teria sido necessário proceder uma homogeneização das amostras para a formação dos lotes.

O local de armazenamento pode interferir no ganho ou perda de massa devido a atividade de água no ambiente. Se acondicionadas em sacos permeáveis, as amêndoas secas podem ganhar ou perder umidade durante o armazenamento ou transporte. Isso vai depender das condições psicrométricas do ar circundante e essa perda ou ganho acontece até que se verifique um equilíbrio entre a umidade das amostras e do ar ambiente (Barreiro, J. A.; Sandoval, A. J., 2020). A atividade de água interfere na deterioração rápida das amêndoas e pode afetar a qualidade das mesmas. Portanto, a longevidade do armazenamento e a conservação das amêndoas dependem principalmente do grau de umidade das amêndoas e dos fatores que afetam a atividade da água no ar circundante, como umidade relativa do ar e temperatura.

A variação nas condições dos lotes após a secagem pode ser resultado de uma maior atividade de água. Especialmente quando o tamanho da amostra de trabalho ultrapassa a capacidade do big bag de 1 t. Também se constatou que o teor de água após o beneficiamento ou o tamanho das amêndoas nos lotes não torna a massa igual para os lotes. Essas condições reforçam a necessidade de escolher de forma muito criteriosa os métodos de secagem uma vez que eles podem alterar a composição dos lotes. Método de secagem e condições operacionais para os subprodutos do cacau podem modificar a composição química e a microestrutura das amêndoas, alterando seu conteúdo fitoquímico e valor funcional (Nieto‐Figueroa, K. H.; et al.; 2022).

**CONCLUSÃO**

 • Os valores de massa e umidade das amêndoas coincidiu com o tamanho das amostras trabalhadas em cada lote e se verificou que quanto mais pesado era o lote, mais conteúdo de água foi eliminado;

 • A determinação da umidade evidenciou que o comportamento do teor de água é alterado conforme a carga de ensacamento dos big bags durante o armazenamento, mas isso não interferiu na qualidade final das amêndoas considerando o baixo percentual (≤ 3,93%) de diferença entre as umidades aferidas.

**AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq/Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

**REFERÊNCIAS**

Barreiro, J. A.; Sandoval, A. J. Kinetics of moisture adsorption during simulated storage of whole dry cocoa beans at various relative humidities. *Journal of Food Engineering*, v. 273, n. 109869, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109869.>

Castellanos, J. M.; Quintero, C. S. Changes on chemical composition of cocoa beans due to combined convection and infrared radiation on a rotary dryer, *Materials Science and Engineering*, v. 437, 2018. <https://doi.org/10.1088>/1757-899X/437/1/012011.

Deus, V. L. et al. “Influence of drying methods on cocoa (*Theobroma cacao* L.): antioxidant activity and presence of Ochratoxin *A*,” *Food Science and Technology*, v. 38, n. 1, pp. 278-285, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/fst.09917.

Dzelagha, B. F.; Ngwa, N. M.; Nde Bup, D. A Review of Cocoa Drying Technologies and the Effect on Bean Quality Parameters. International journal of food science, 2020, 8830127. https://doi.org/10 .1155/2020/8830127

Engelhardt, B. A. S.; Arrieche, L. S. Análise da secagem de amêndoas decacau por convecção forçada a partir de diferentes secadores. BrazilianJournal of Production Engineering, v. 2, n. 2, p. 18-26, 2016.

Ilhediwa, M. C. et al. Optimization of the energy consumption, drying kinetics and evolution of thermo-physical properties of drying of forage grass for haymaking, *Heat Mass Transfer,* v. 58, p. 1187–1206, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00231-021-03146-2>.

Komolafe, C. A. et al. Thermodynamic analysis of forced convective solar drying of cocoa with black coated sensible thermal storage material. *Case Studies in Thermal Engineering*, v.*26*, pp. 101140, 2021. [https://doi.org/10.1016/ j.csite.2021.101140.](https://doi.org/10.1016/%20j.csite.2021.101140.)

Komolafe, C. A.; Waheed, M. A.; Olabamij, T. S. Experimental determination of modulus of elasticity of oven-dried cocoa-beans varieties, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology,* v. 9, pp. 732-740, 2018.

Kongor, J. E. et al. “Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile — A review,” *Food Research International*, v. 82, pp. 44–52, 2016. [https://doi.org/10.1 016/j.foodres.2016.01.012](https://doi.org/10.1%20016/j.foodres.2016.01.012).

Misnawi. “Effect of cocoa bean drying methods on polycyclic aromatic hydrocarbons contamination in cocoa butter.” *International Food Research Journal*, v. 19, n. 4, pp. 1589–1594, 2012.

Nieto‐Figueroa, K. H.; et al. Effect of drying method on the production of in vitro short‐chain fatty acids and histone deacetylase mediation of cocoa pod husk, Journal of Food Science, v. 87, n. 10, p. 4476-4490, 2022. https://doi.org10.1111/ 1750-3841.16309.

[Pinheiro, R. M.](http://lattes.cnpq.br/3522836335385738); Gadotti, G. I.; Imagem térmica para avaliar a massa de ar quente em amêndoas de cacau durante a secagem. In: SBEA. (Org.). 50 anos do profissional Engenheiro Agrícola: revisitando o passado para transformar o futuro. 1ed.São Paulo: SBEA, 2022, v. 1, p. 1-6.