

ESTUDO DO COMPORTAMENTO E QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO ABACAXI SECADO EM SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO

Raphaella Soares da Silva Camelo– raphassc@gmail.com

Dhiego Santos Cordeiro da Silva– dhi_e_go@hotmail.com

Juliana Lobo Paes – juliana.lobop@yahoo.com.br

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia

Resumo. O Brasil é um dos principais produtores mundiais de frutas, no entanto, ainda há setores que carecem de infraestrutura e tecnologias que tenham como finalidade a diminuição do desperdício das frutas. A adoção de métodos que busquem reduzir essas perdas vem sendo amplamente estudados, sobretudo procedimentos ecologicamente corretos. Nesse sentido, com o presente trabalho objetivou-se estudar as características físico-químicas e o comportamento de secagem do abacaxi seco em secador híbrido solar de baixo custo. O secador híbrido foi constituído de câmara de secagem, coletor solar e sistema de exaustão. Durante a secagem foram coletados dados de temperatura, umidade e velocidade do ar ambiente e dentro da câmara de secagem. A temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem foram respectivamente, 46,8 °C, 49,8% e 1,0 m.s⁻¹. Foram avaliados o pH, sólidos solúveis totais e o teor de água do abacaxi in natura e após a secagem solar. Após o processo de secagem solar, o abacaxi atingiu 21,4% de teor de água. De acordo com os resultados obtidos pode-se inferir a viabilidade da utilização do secador híbrido solar sobre produtos secos com características físico-químicas de acordo com a legislação vigente.

Palavras-chave: Secagem solar, Energias alternativas, Secador de baixo custo

1. INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* L. Merri) é uma fruta de clima tropical, com origem no continente americano, sendo mundialmente apreciado, por seu aroma e sabor característicos. Em 2016, a produção brasileira de abacaxi foi de 1.736,9 milhões de frutos, contribuindo com 8,6% do volume total da fruticultura nacional (IBGE, 2016). No entanto, por ser uma fruta altamente perecível, carece de estudos e técnicas que visem formas alternativas para a comercialização e destinação final dos excedentes da produção agrícola. Dentre as técnicas existentes, pode-se adotar o processo de secagem da fruta na etapa de pós-colheita. A secagem é uma operação térmica visando a remoção do teor de água do produto, e como consequência, acarreta em reduzir a proliferação de microorganismos, reações químicas e deterioração do alimento (Meneghetti *et al.* 2012; El-Sebaili e Shalaby, 2013; Barbosa de Lima *et al.* 2016; Tiwari, 2016).

Geralmente, os tipos de secadores de produtos agrícolas disponíveis no mercado são acionados por energia elétrica ou gás para o aquecimento da massa de ar de secagem. No entanto, os elevados índices de poluição e o custo de produção, causados pelo uso de combustíveis fósseis, tem estimulado a busca pela utilização de fontes de energia limpas e renováveis (Machado *et al.* 2012). Esse modelo de secagem evidencia a necessidade, sobretudo no âmbito socioeconômico, em promover economia de energia e ao ser uma opção de geração de renda (Almeida *et al.* 2016). Nesse contexto, a secagem utilizando energia solar tem se mostrado uma alternativa viável, principalmente em países de clima tropical e em pequenas comunidades agrícolas.

Na secagem solar indireta, o produto é seco em câmara de secagem, protegido da ação solar direta, resultando produtos de melhor qualidade (Nascimento *et al.* 2015). Nesse processamento, a radiação solar é utilizada para aquecer o ar de secagem, através do coletor solar. Em secadores híbridos solar de exposição indireta, a energia térmica solar é utilizada para aquecer o ar de secagem, e a energia elétrica para acionar o sistema de exaustão, possibilitando um sistema mais econômico e sustentável que o convencional (Falcão Filho, 2011).

Tendo em vista que o principal agente de secagem nesse sistema é o sol, adota-se a secagem intermitente, uma vez que não é possível fazer uso da radiação solar no período noturno. A secagem intermitente é uma alternativa mais efetiva, se comparada à secagem contínua, visto que promove a redistribuição de umidade, elevando as taxas de secagem quando o processo é reiniciado (Defraeye, 2016). Esse modelo propicia a economia de energia, devido ao desligamento noturno do sistema de exaustão e o aquecimento do ar pela radiação solar. As condições do processo de secagem híbrida com intermitência, também podem ser benéficas para a qualidade do produto, visto que o mesmo fica menos tempo exposto a temperaturas elevadas.

Contudo, esse modelo de secagem híbrida intermitente ainda carece de estudos. O processo de secagem e a dinâmica dos mecanismos internos de transferência de massa são específicos para cada produto (Park *et al.* 2014). Na literatura não se encontram trabalhos que contemplem a secagem solar do abacaxi, com processo de intermitência para

pequenos produtores. Nesse sentido, objetivou-se com o presente trabalho estudar o comportamento e qualidade físico-química do abacaxi secado em secador híbrido solar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em secador híbrido solar localizado na área experimental do Departamento de Engenharia (DE) / Instituto de Tecnologia (IT) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), campus Seropédica no período 01 a 04 de fevereiro de 2016. Este município, localizado no Estado do Rio de Janeiro, encontra-se situado na latitude de 22° 44' 38" S e longitude 43° 42' 27" W. O clima da região é classificado como A, tropical com chuvas de verão, segundo a classificação de Köppen (Villa *et al.* 2016). As análises foram realizadas no Laboratório de Pré-Processamento de Produtos Agrícolas no DE/IT da UFRRJ.

O secador híbrido solar-elétrico foi constituído pelo coletor solar, câmara de secagem e sistema de exaustão (Fig. 1). Ressalva-se que o secador foi considerado híbrido solar-elétrico por ser acionado com energia solar para o aquecimento do ar de secagem e elétrico convencional para fornecer energia ao sistema de exaustão.



Figura 1 – Secador híbrido solar-elétrico

Para constituição do coletor solar utilizou-se caixa metálica no formato retangular com dimensões de 0,68 x 3,00 x 0,14 m (largura x comprimento x altura). As laterais e base inferior da caixa foram constituídas de material isolante (isopor), seguido por chapa lisa de alumínio. No interior do coletor solar foi acondicionada uma superfície absorvedora de radiação solar composta por estrutura sanfonada de alumínio em perfil triangular pintada de preto fosco. Os canais superiores da superfície absorvedora foram vedados para evitar a passagem de ar ambiente. Na parte superior do coletor solar utilizou-se cobertura vidro liso incolor com espessura de 0,004 m. Tendo em vista possibilitar melhor aproveitamento da radiação solar incidente, o secador híbrido solar-elétrico foi posicionado faceando o norte de Seropédica e o coletor disposto de maneira que formasse uma angulação de 32° com a horizontal (Moraes *et al.* 2004).

O sistema de exaustão solar, com a finalidade de forçar a circulação de ar no interior da câmara de secagem é composto por um exaustor com potência de 152 W. O exaustor foi instalado na parte superior da câmara de secagem. Para proteção do equipamento contra agentes ambientais, instalou-se uma cobertura de proteção denominada “chapéu chaminé”.

A câmara de secagem foi feita a partir de uma estufa de laboratório desativada, nas dimensões 0,77 x 0,64 x 0,80 m (largura x comprimento x altura) e volume de 0,355 m³. No interior da câmara foram instaladas prateleiras de aço inoxidável, com crivos de um centímetro de forma a permitir a passagem do ar.

O abacaxi da variedade pérola foi adquirido em comércio local, do município de Seropédica no estado do Rio de Janeiro. Considerou-se na seleção das frutas aparência da casca, grau de maturação e uniformidade (Fig. 2 A). As frutas foram cortadas manualmente em rodelas de 1 cm de espessura. Em seguida, foi realizado tratamento sanificante, em solução de água mineralizada e água sanitária, na proporção 1:10 por cinco minutos. Após o tratamento sanificante os abacaxis foram dispostos em badejas e colocados no secador híbrido solar (Fig. 2 B).

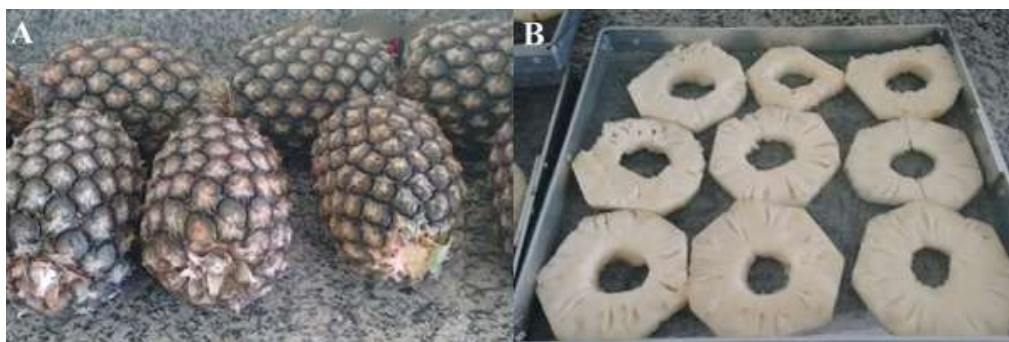


Figura 2 – Abacaxi A) selecionado de acordo com a uniformidade e B) acondicionados nas bandejas

Durante a secagem solar, foram coletados os dados de temperatura, velocidade do ar e umidade, ambiente e no interior da câmara de secagem. O monitoramento da temperatura do ar de secagem e ambiente foi realizado através de termopares distribuídos entre a entrada e saída coletor solar, prateleiras inferior, mediana e superior da camara de secagem e saída do exaustor. Para a coleta de dados utilizaram-se os termopares conectados a um milivoltímetro com precisão de $\pm 0,1^\circ\text{C}$ (Fig. 3).

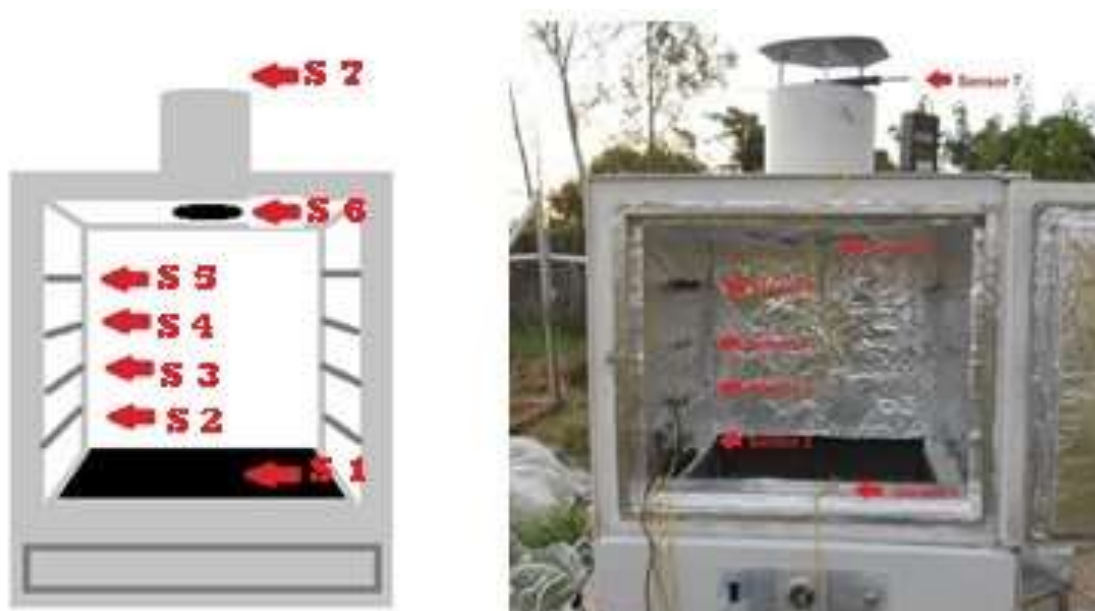


Figura 3 - Distribuição dos termopares durante a secagem

Para o monitoramento da umidade relativa do ar de secagem e ambiente utilizou-se um termo higrômetro marca Minipa, modelo MTH-1380. O termo higrômetro foi posicionado na saída do exaustor da câmara de secagem, para a medição da umidade relativa do ar de secagem, e na posição ao lado da câmara de secagem, para medição da umidade relativa ambiente. A fim de monitorar a velocidade do ar de secagem, utilizou-se um termo anemômetro digital da marca Minipa modelo MDII, na saída do exaustor da câmara de secagem.

A redução da massa das amostras durante o processo de secagem foi monitorada por gravimetria, pesando-se o conjunto bandeja e fruta a cada hora, em balança semi-analítica, com resolução de 0,01 g. As pesagens foram conduzidas até que as amostras atingissem o equilíbrio higroscópico com as condições do ar de secagem, ou seja, quando a variação da massa permanecesse constante na segunda casa decimal por três pesagens consecutivas (Faria *et al.* 2012).

Para a determinação da razão de umidade em função do período de operação de secagem correlacionou-se o teor de água instantâneo com o teor de água inicial e o teor de água de equilíbrio utilizando-se a Eq. 1, em que RU_{exp} corresponde a razão de umidade experimental (adimensional), X^* ao Teor de água do produto (% b.s.), X_i^* ao teor de água inicial do produto (% b.s.) e X_e^* ao teor de água de equilíbrio (% b.s.).

$$RU_{\text{exp}} = \frac{X^* - X_e^*}{X_i^* - X_e^*} \quad (1)$$

Em amostras de abacaxi in natura e após a secagem foi realizada a caracterização físico-química com as análises de teor de água, sólidos solúveis totais e pH. As análises foram realizadas em triplicata e de acordo com as normas técnicas laboratoriais do Instituto Adolpho Lutz (IAL, 1985). A comparação dos valores médios das análises físico-químicas do abacaxi in natura e seco foi feita pelo teste Tukey a 5% probabilidade, com o uso do programa estatístico SISVAR 5.6. Os gráficos foram plotados utilizando-se o programa computacional Sigma Plot 2001, versão 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A secagem do abacaxi ocorreu em quatro dias seguidos. No primeiro dia o período de secagem foi de 10:30 às 17:30 h, no segundo de 8:30 às 17:30 h, no terceiro de 08:30 às 16:30 h e no quarto de 08:30 às 14:30 h. O processo totalizou 77 h, destas 45 h representam o período de intermitência. A velocidade do ar média no interior da câmara de secagem foi de $1,0 \text{ m s}^{-1}$.

Apresenta-se, na Fig. 4 a curva de temperatura do ar de secagem solar do abacaxi e ambiente em função do período de secagem.

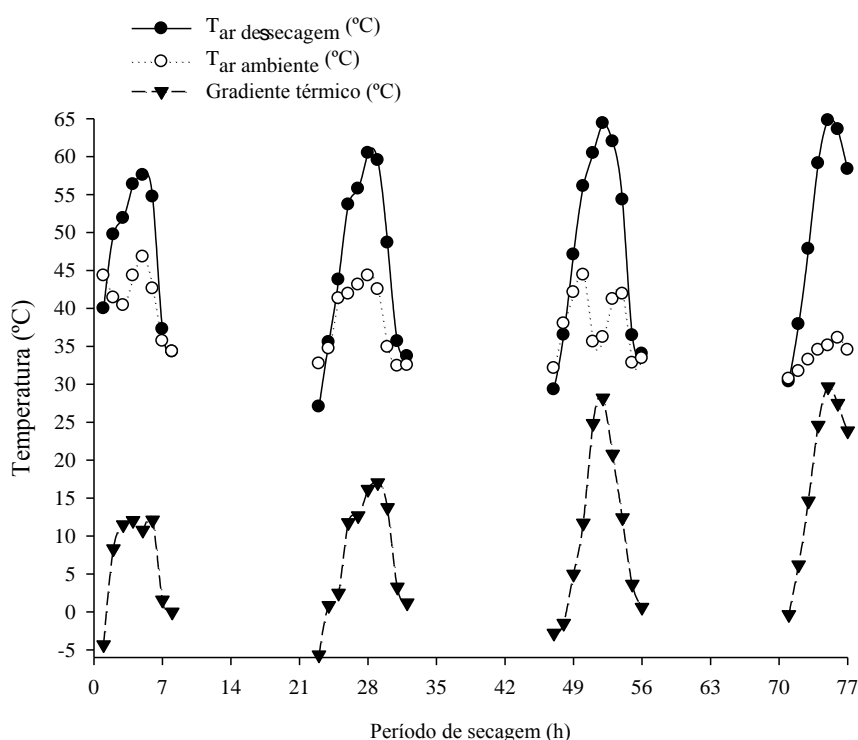


Figura 4 - Temperatura (T $^\circ\text{C}$) da câmara de secagem ($T_{ar \text{ de secagem}}$), ambiente ($T_{ar \text{ ambiente}}$) e a diferença entre esses dois parâmetros em função do período de secagem solar do abacaxi

A temperatura é o fator de maior influência na cinética de secagem solar do abacaxi, quanto maior a temperatura, maiores as taxas de secagem (Alexandre *et al.* 2009). No entanto, a cinética de secagem e a qualidade do produto podem ser influenciados pela variação da temperatura no interior da câmara de secagem ao longo do processo, uma vez que não há controle para manter a temperatura constante. Em adição, maior gradiente térmico existente entre a temperatura do ar de secagem e ambiente no secador híbrido solar-elétrico comprova a eficiência de vedação da câmara de secagem. Este comportamento pode ser verificado na Fig 4, na qual demonstra que as temperaturas mais elevadas ocorreram no interior da câmara de secagem.

A temperatura máxima alcançada no interior da câmara de secagem foi $69,3 \text{ }^\circ\text{C}$ às 12:30 h no quarto dia. Nesse mesmo momento, o ar ambiente apresentava a temperatura de $35,1 \text{ }^\circ\text{C}$, ou seja, um acréscimo de $34,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Fig. 4). Com relação a temperatura mínima atingida no interior da câmara de secagem, obteve-se $25,9 \text{ }^\circ\text{C}$ às 08:30 h no segundo dia, sendo o ar ambiente $32,7 \text{ }^\circ\text{C}$ apresentando uma redução de $6,8 \text{ }^\circ\text{C}$ com relação a ambiente (Fig. 4). Essa diferença pode ser explicada pela retenção do ar frio noturno no coletor solar. Ao se acionar o sistema de exaustão, após o período de intermitência, o ar frio é deslocado para o interior da câmara de secagem, ocasionando na menor temperatura na mesma.

Assim como a temperatura, a umidade relativa tem uma elevada importância no processo de secagem, pois interfere na velocidade em que ocorre a perda de água do alimento (Celestino, 2010). O aumento da temperatura do ar de secagem, associado a redução da umidade relativa são fatores que comprovam a eficiência de secagem do secador híbrido solar. A curva de umidade relativa (%) do ar de secagem, do ar ambiente e o gradiente, em função do período de secagem está apresentada na Fig 5.

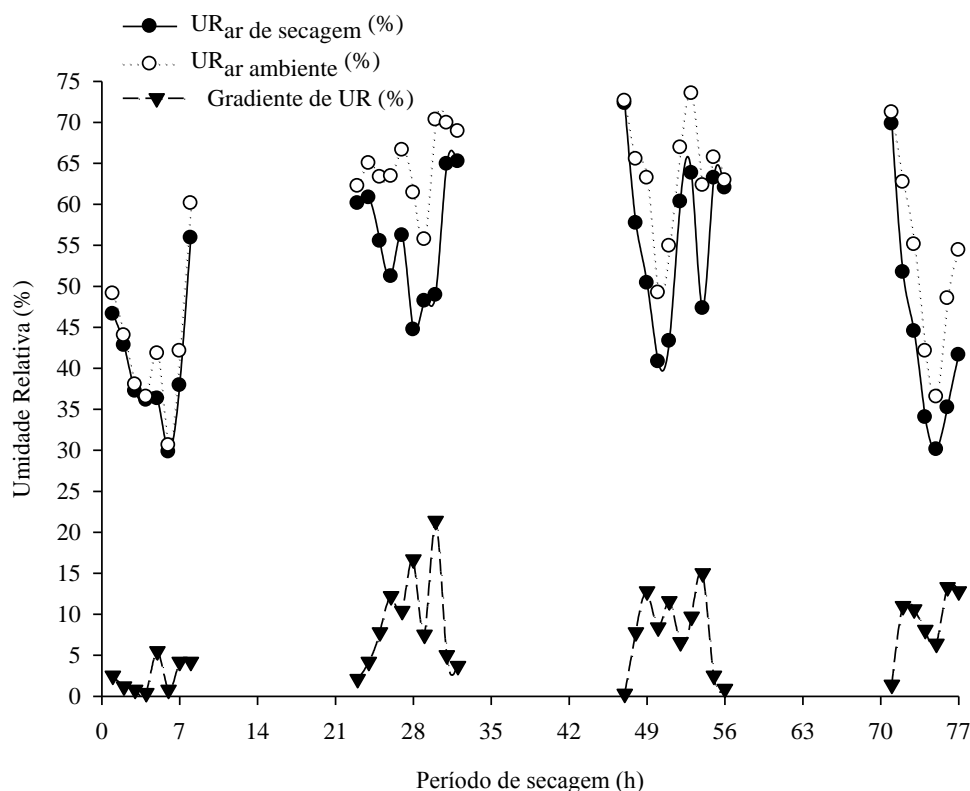


Figura 5 - Umidade Relativa (UR %) da câmara de secagem ($UR_{ar\ de\ secagem}$), ambiente ($UR_{ar\ ambiente}$) e a diferença entre esses dois parâmetros em função do tempo de monitorado durante a secagem solar do abacaxi

Como esperado, os maiores valores de umidade relativa foram registrados no ar ambiente. A máxima umidade relativa alcançada no ambiente foi 73,5% às 14:30 h no terceiro dia. Nesse mesmo momento, a umidade relativa no interior da câmara de secagem era de 63,8% (Fig. 5). No que se refere a umidade relativa mínima atingida no interior da câmara de secagem, obteve-se 29,8% às 15:30 h no primeiro dia, sendo o ar ambiente 30,6% (Fig. 5). De acordo com as propriedades higroscópicas, o fluxo de vapor de água ocorre no sentido da maior para a menor pressão parcial de vapor. Assim, o aquecimento do ar de secagem determina a redução da umidade relativa e, conseqüentemente o aumento do potencial de retenção de água. Observa-se que a umidade relativa foi um fator inversamente proporcional a temperatura, isto é, quanto maior a temperatura, menor a umidade relativa e, conseqüentemente maior a taxa de secagem. Em estudo sobre a cinética de secagem do resíduo do abacaxi, Alexandre *et al.* (2013) fez a mesma constatação, que a umidade relativa diminuía conforme havia aumento da temperatura.

Guimarães *et al.* (2017) ao avaliar o comportamento de secagem de um secador híbrido solar-elétrico relatou variação média do incremento da temperatura e redução de umidade entre o ar de secagem no interior da câmara e ambiente de 8,24 °C e 6,5%, respectivamente. Segundo esses autores, o secador híbrido solar-elétrico apresentou condições de temperatura e umidade relativa efetiva para secagem de manga. Já Camelo *et al.* (2017) ao secar a maçã em secador híbrido solar-elétrico composto por coletor solar, câmara de secagem e exaustor acionado por energia elétrica convencional verificou que a variação média da temperatura e umidade relativa entre o ar de secagem no interior da câmara e ambiente foi, respectivamente, 7,8 °C e 3,1%, com velocidade do ar 1,0 m s⁻¹.

Em suma, para o estudo da cinética de secagem do abacaxi a temperatura, umidade relativa, velocidade do ar de secagem média foi 46,8 °C; 49,8% e 1,0 m s⁻¹, respectivamente.

Apresentam-se na Fig. 6 os valores experimentais de razão de umidade (adimensional) em função do período de secagem (h) do secador híbrido solar-elétrico contendo abacaxi.

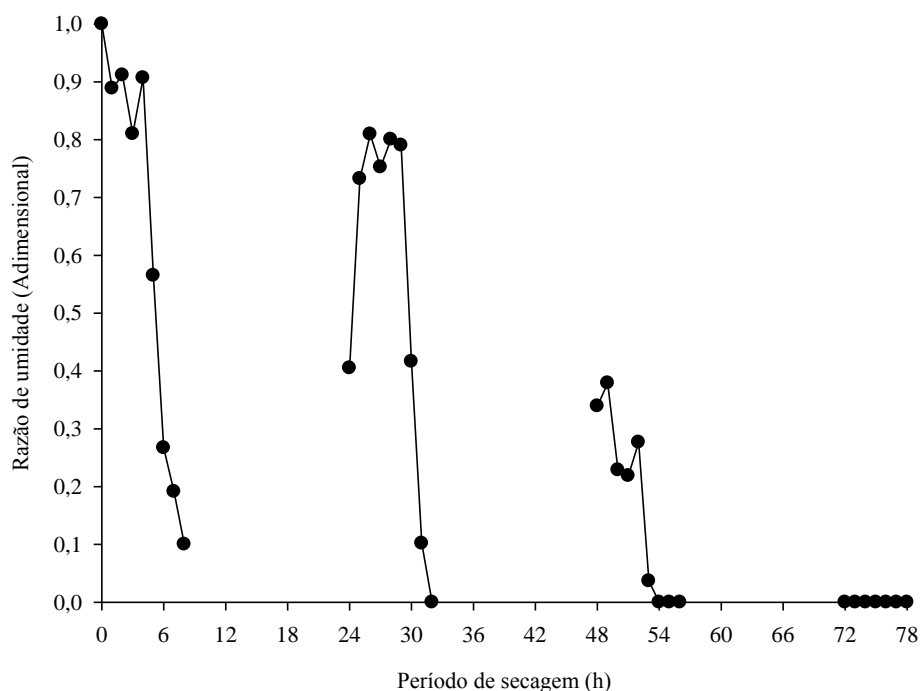


Figura 6- Razão de umidade em função do período de secagem (h).

Observa-se que conforme há o aumento de temperatura (Fig. 4) também há maior redução da razão de umidade. Esse fenômeno também foi constatado por Alexandre *et al.* (2009), em que há aumento da taxa de secagem de acordo com o aumento de temperatura, ao estudar a cinética de secagem do abacaxi pérola em fatias, em secador de leito fixo. Verifica-se que houve acentuada redução da razão de umidade no primeiro dia de secagem. Comportamento semelhante foi observado por Batista *et al.* (2014) e Lingayat *et al.* (2017), ao avaliarem a secagem de banana, em secador de bandeja e secador solar direto e indireto, respectivamente.

Após o período de intermitência de 15 h (período noturno) há reabsorção de água pelo abacaxi, a isso se atribui os picos de elevação no teor de água da fruta no início de cada dia (Fig. 6). Durante o processo de reabsorção de água, causado pela intermitência, o teor de água da fruta difunde do interior do sólido para a superfície, diminuindo desta forma, o gradiente de umidade e aumentando a taxa e a eficiência de secagem (Ramalho *et al.* 2010). Observa-se que ao final de cada dia de secagem (Fig. 6), sobretudo do segundo dia, o abacaxi tende a entrar em equilíbrio, fato confirmado no quarto dia de secagem, quando o equilíbrio higroscópico foi atingido.

O comportamento semelhante foi relatado por Camelo *et al.* (2017) ao secar a maçã em sistema de intermitência no secador híbrido solar-elétrico. Segundo os autores, houve rápida redução do teor de água nas primeiras horas, com tendência a atingir o equilíbrio no final dos 4 dias de secagem. Esses autores relataram aumento no teor de água da fruta após o período de intermitência.

Com relação a caracterização físico-química, apresentam-se na Figura 7 amostras de abacaxis secos em secador híbrido solar-elétrico.



Figura 7 - Amostra de abacaxi seco

Com relação a caracterização físico-química, apresentam-se na Tab. 1 os resultados obtidos de teor de água, sólidos solúveis totais e pH do abacaxi *in natura* e seco, em que as letras minúsculas distintas na mesma coluna representam diferenças significativas entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 1 - Valores médios de teor de água (TA), sólidos solúveis totais (SST) e pH do abacaxi.

PA (dias)	TA (%)	SST (°Brix)	pH
<i>In natura</i>	87,0a	13,03a	4,52a
Seco	21,4b	13,13a	4,73a

Observa-se que houve redução de 65,54% do teor de água do abacaxi seco em secador híbrido solar. Esse valor está de acordo com o relatado por Celestino (2010), ao determinar que um produto naturalmente seco, deve ter seu teor de água reduzido de 50 a 70% ao sol. Como esperado, o teor de água do abacaxi seco em secador híbrido solar (Tab. 1) está de acordo com o encontrado por Ramos *et al.* (2008) ao obter 20,6 % em secador de bandeja. Essa faixa de teor de água é de grande importância, sobretudo para o setor industrial, uma vez que garante que não haverá proliferação de microorganismos (Gonçalves e Blume, 2008).

Os valores de sólidos solúveis totais (Tab. 1) estão de acordo com a Instrução Normativa nº 01 de 2000 (MAPA, 2000), o qual determina um percentual mínimo em °Brix 11,0. Os sólidos solúveis totais dos abacaxis submetidos ao processo de secagem solar não variaram estatisticamente, sendo superior quando comparados com os *in natura*. Resultado semelhante foi encontrado por Souto *et al.* (2010), ao estudar o abacaxi em diferentes temperaturas de armazenamento. O leve incremento nos teores de sólidos solúveis pode ser explicado, sobretudo, devido à concentração de açúcares naturais correspondente à perda de água pelo processo de secagem.

O valor de pH do abacaxi seco está de acordo com o encontrado por Barbosa, *et al.* (2014) e Ramos *et al.* (2008), que encontraram 4,21 e 4,1 respectivamente. Contudo, deve-se levar em consideração que o abacaxi é um fruto ácido, essa característica proporciona estabilidade ao produto seco, diminuindo a probabilidade de desenvolvimento e proliferação de microorganismos (Santos *et al.* 2013). Não houve diferença estatística entre o abacaxi *in natura* e o seco em secador híbrido solar (Tab. 1), comportamento semelhante foi observado por Ramos *et al.* (2008).

4. CONCLUSÃO

O secador híbrido solar-elétrico foi considerado uma alternativa para secar abacaxi, sobretudo para pequenos produtores. A temperatura e umidade foram fatores importantes para avaliar o comportamento da secagem solar do abacaxi. Após o período de intermitência há aumento na razão de umidade nas primeiras horas de secagem solar. O abacaxi seco possui características físico-químicas de acordo com a legislação vigente e em padrão para comercialização.

Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

- Alexandre, H. V., Gomes, J.P., Neto, A.L.B., Silva, F.L.H., Almeida, F.A.C., 2009. Cinética de secagem de abacaxi CV pérola em fatias, Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, vol. 11, n. 2, pp. 123-128.
- Alexandre, H. V., Silva, F. L. H., Gomes, J. P., Silva, O. S., Carvalho, J. P. D., Lima, E. E., 2013. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 17, n. 6, p. 640–646.
- Almeida, I. B., Lima, M. A. A., Souza, L. G. M., 2016. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclado, HOLOS, vol. 4, n. 32, pp. 197-205.
- Barbosa, L. S., Macedo, J. L., Santos, C. M., Machado, A. V., 2014. Estudo da secagem de frutos tropicais do nordeste, Revista Verde, vol. 9, n. 1, pp.186-190.
- Batista, D. V. S., Cardoso, R. L., Godoy, R. C. B., Barreto, N. S. E., 2014. Estabilidade físico-química e microbiológica de banana passa orgânica, Ciência Rural, vol. 44, n. 10, pp. 1886-1892.
- BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 01, DE 7 DE JANEIRO DE 2000. Disponível em: <http://www2.agricultura.rs.gov.br/uploads/126989581629.03_enol_in_1_00_mapa.doc> Acesso em: 05/11/2017.
- Camelo, R.S.S., Paes, J.L., Louvisi, T.A. de P., Guimarães, C.L., Bruggianesi, G., 2017. Estudo do teor de água da maçã desidratada em secador solar híbrido. CONBEA 2017 - XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Maceió.
- Celestino, S. M. C., 2010. Princípio de secagem de alimentos. Embrapa Cerrados.

- Defraeye, T., 2016. Towards more efficient intermittent drying of fruit: Insights from combined hygrothermal-quality modeling, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 38, pp. 262–271.
- El-Sebaei, A. A., Shalaby, S. M., 2013. Experimental investigation of an indirect-mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint, *Energy Conversion and Management*, vol. 74, pp. 109-116.
- Faria, R.Qde, Teixeira, I.R, Devilla, I.A., Ascheri, D.P.R., Resende, O., 2012. Cinética de secagem de sementes de crambe, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 16, n. 5, pp. 573–583.
- Guimarães, C.L., Paes, J.L., Camelo, R.S.S., Louvisi, T.A. de P., Silva, M.A.S., 2017. Avaliação do comportamento de um secador híbrido para desidratação de manga. CONBEA 2017 - XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Maceió.
- Golçalves, A.A., Blume, A.R., 2008. Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi, *Estudos tecnológicos*, vol. 4, n. 2, pp. 124-134.
- IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ed. Brasília: ANVISA, Ministério da Saúde, p.1018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, vol. 29, n. 11, pp.1-8.
- Lingayat, A., Chandramohan, V. P., Raju, V. R. K., 2017. Design, Development and Performance of Indirect Type Solar Dryer for Banana Drying, *Energy Procedia*, vol.109, p. 409–416.
- Machado, A. V., Oliveira, E. L., Santos, E. S., Oliveira, J. A., Freitas, L. M., 2012. Estudo da influência da espessura no tempo de secagem do pedúnculo de caju em secadores solar de radiação direta e indireta, *Revista Verde*, vol. 7, n. 1, pp. 256 – 263.
- Meneghetti, V. L., Aosani, E., Rocha, J. C., Oliveira, M., Elias, M. C., Pohndorf, R. S., 2012. Modelos matemáticos para a secagem intermitente de arroz em casca, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 16, n. 10, pp.1115–1120.
- Moraes, S.O.; Negrini, A.C.A.; Precoppe, M.F.M.; Meira, M.L.R., 2004. Secador solar de baixo custo para frutas e hortaliças, ESALQ-USP.
- Nascimento, A. L. A., Silva, L. C. R., Santos, M. A., Pereira, S., Chauca, M. N. C., Brandi, I. V., 2015. Desenvolvimento de desidratador solar de alimentos com sistema de aquisição de dados em plataforma arduino, *Caderno de ciências agrárias*, vol. 7, n. 2, pp. 29-34.
- Park, K. J. B., Park, K. J., Alonso, L. F. T., Cornejo, F. E. P., Fabbro, I. M. D., 2014. Secagem: Fundamentos e equações, *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, vol. 16, n. 1, pp. 93-127.
- Ramallo, L. A., Lovera, N. N., Schmalko, M. E., 2010. Effect of the application of intermittent drying on *Ilex paraguariensis* quality and drying kinetics, *Journal of Food Engineering*, vol. 97, pp. 188–193.
- Ramos, A. M., Quintero, A.C.F., Faraoni, A.S., Soares, N.F.F., Pereira, J.A.M., 2008. Efeito do tipo de embalagem e do tipo de armazenamento nas qualidades físico-químicas e microbiológica de abacaxi desidratado, *Alimentos e Nutrição*, vol. 19, n. 3, pp. 259-269.
- Santos, M. L., Machado, A. V., Alves, F.F. M., Costa, A. P. L. M., 2013. Estudo físico-químico de maçã desidratada em secador convectivo, *Revista Verde*, vol. 8, n. 1, pp. 30 – 37.
- Souto, R. F., Durigan, J. F., Santos, L. O., Souza, B. S., Menegucci, J. L. P., 2010. Características químicas de abacaxi ‘pérola’ após tratamento com calor e armazenagem em três temperaturas, *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 32, n. 1, pp. 047-056.
- Tiwari, A., 2016. A Review on Solar Drying of Agricultural Produce, *Journal Food Processing & Technology*, vol. 7, p.1-12.
- Villa, E. B., Pereira, M. G., Alonso, J. M., Beutler, S. J., Leles, P. S. S., 2016. Aporte de serrapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio, *Floresta e Ambiente*, vol. 23, n. 1, p. 90-99.

BEHAVIOR STUDY AND PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY OF PINEAPPLE DRIED IN SOLAR HYBRID DRYER

Abstract. Brazil is one of the world's leading producers of fruit, however, there are still sectors that lack infrastructure and technologies that aim to reduce fruit waste. The adoption of methods with the aim of reducing these losses have been widely studied, especially ecologically correct procedures. In this sense, the objective of this study was to study the physical-chemical characteristics and drying behavior of dry pineapple in a low-cost solar hybrid dryer. The hybrid dryer was composed of drying chamber, solar collector and exhaust system. During drying, data were collected on temperature, humidity and air velocity in the room and inside the drying chamber. The temperature, relative humidity and drying air velocity were, respectively, 46.8 °C, 49.8% and 1.0 m.s⁻¹. The pH, total soluble solids and water content of pineapple in natura and after solar drying were evaluated. After the solar drying process, the pineapple reached 21, 44% moisture content. According to the results obtained, it is possible to infer the viability of using the solar hybrid dryer on dry products with physicochemical characteristics according to the current legislation.

Key words: Solar drying, Alternative energies, Low-cost dryer