

Construção de um secador: O papel do engenheiro neste processo

Construction of a dryer: The row of an engineer in this process

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi validar a construção e operação de um secador de alimentos de baixo custo e ofertar oficinas com alunos do ensino médio e técnico, expondo a interdisciplinaridade e buscando analogias entre disciplinas básicas e universitárias, bem como tornar o equipamento apto para ser utilizado em aulas práticas nos laboratórios dos cursos de graduação. Neste aspecto, foi necessário realizar alguns ajustes na automatização do secador e testes para análise de controle da temperatura, antes de fazer o estudo da cinética de secagem e posterior validação. As oficinas foram realizadas no decorrer do ano, entre a realização dos ajustes e durante o estudo de validação do secador. Com os alunos do ensino médio e população as oficinas foram voltadas às analogias entre conteúdos aprendidos durante o ensino médio com conceitos universitários utilizados no estudo de secagem. As oficinas tiveram resultado positivo visto que os alunos interagiram ativamente e notaram a importância dos conteúdos vistos em sala de aula com um simples estudo de um secador. E o secador construído mostrou-se eficiente para a secagem de alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Cursos de engenharia. Aulas expositivas de secagem. Operação unitária.

ABSTRACT

The object of this work was to validate the construction and operation of a low-cost food dryer and to offer workshops with high school and technical students exposing the interdisciplinarity and analogies between basic and university subjects, as well as verify if the equipment can be used in practical classes of undergraduate students. For this, it was necessary to make some adjustments in the dryer automation and tests for temperature control analyses before studying the drying kinetics and further validation. The workshops were held throughout the year, between adjustments and during the dryer validation study. With the high school students and the population the workshops were focused on analogies between contents learned during high school classes and university concepts used in the drying study. The workshops were positive as students interacted actively and noted the importance of classroom content with a simple study of a dryer. The dryer developed by the group showed to be efficient to produce high quality foods.

KEYWORDS: Engineering courses. Expository drying classes. Unit operation.

Mateus Vinicius de Paiva
mateusviniciuspaiva@outlook.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Lyssa Setsuko Sakanaka
Lyssa@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Pedro Pinguelli Borges
pedropinguelli@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Leonardo Galice Chies
leonardo.g.chies@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Admilson Lopes Vieira
lopesvieira@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Lisandra Ferreira de Lima
lisandra@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Janksyn Bertozzi
janksynbertozzi@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Joel Fernando Nicoleti
nicoleti@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A desidratação é um dos processos da engenharia mais utilizados para conservação de alimentos. É um processo no qual o solvente (geralmente água) é removido do estado líquido para o gasoso por meio de aplicação de energia térmica. Essa operação unitária é responsável pela transferência simultânea de calor e massa (TADINI et al., 2015), princípio básico dos diversos métodos para desidratação dos alimentos por meio de convecção forçada. Comparado com a secagem solar, o uso de secadores dispostos com resistências e ventoinhas permite a obtenção de produto com melhor qualidade, pois além de diminuir o tempo de secagem, permite protegê-los melhor de contaminação externa, do ataque de insetos, pássaros e roedores (NOGUEIRA; CONEJO; WILBERG, 2015)

A obtenção de um produto seco de qualidade só é possível por meio da análise do tempo de secagem, temperatura de desidratação, dimensionamento do equipamento e características dos alimentos. O estudo da cinética de secagem é muito importante, pois as curvas de secagem demonstram um comparativo entre a velocidade de secagem e conteúdo de umidade do alimento em um período de tempo, permitindo analisar os parâmetros envolvidos no processo de secagem e relacionados ao equipamento. Ao realizar uma modelagem da curva de secagem, analisa-se o comportamento do alimento ao perder a água escolhendo assim o melhor modelo que se ajusta aos dados experimentais (CARDOSO, et al., 2017).

Nesse contexto, o intuito deste trabalho foi validar a construção e operação de um secador de alimentos de baixo custo, dando continuidade ao projeto de construção de um secador de alimentos para fins didáticos, e ofertar oficinas com alunos do ensino médio e de graduação, expondo a interdisciplinaridade e analogias entre disciplinas básicas e universitárias. Também buscou-se tornar o equipamento apto para ser utilizado em aulas práticas nos laboratórios dos cursos de graduação da universidade. Para isso, foi necessário realizar alguns ajustes na automatização do secador e testes para posterior validação. Sendo assim, foi feito o estudo de secagem em três temperaturas distintas tanto utilizando o protótipo do secador, quanto uma estufa de secagem laboratorial, e comparou-se, a partir da modelagem da cinética de secagem, o processo de secagem dos alimentos nos dois equipamentos. Também foram realizadas oficinas no decorrer do ano, para demonstrar o funcionamento do equipamento e como as ciências básicas podem auxiliar na formação de um futuro engenheiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e controle de dados. O secador construído pela equipe do projeto anterior foi a base de estudo. Nele foi implantando um sistema arduino com programação on-off para controle da temperatura. Esse sistema foi ajustado durante os testes realizados com o intuito de trazer a resposta dos sensores mais próxima possível ao set point, para obtenção de controle de temperatura desejada. As dimensões do secador são: 123x30x33cm horizontal, 90,33x30cm vertical, 26x30cm seção transversal. O sistema de automatização é composto por Arduino Mega 2569, dois módulos relé e 6 sensores DHT-22. Para o sistema de convecção forçada utilizou-se um exaustor com potência de 10W. Para o aquecimento do ar, foram instaladas 4 resistências aletadas, com 500W de potência cada uma.

Secagem de hibisco pelo método da estufa e do secador. Foi utilizado uma estufa com convecção forçada (Nova Ética) e o secador construído. As temperaturas testadas foram 50, 60 e 70°C. Primeiramente a sépala de hibisco foi higienizada com água corrente e cortada ao meio. Após, centrifugou-se o hibisco para retirar excesso de água da higienização. Pesou-se então uniformemente 100 gramas de hibisco em três bandejas (triplicata) as quais foram levadas à estufa e ao secador. Durante todo o processo de secagem, as bandejas foram pesadas em intervalos de 20 minutos e tendo a posição alterada, tanto no secador quanto na estufa, a cada pesagem, até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram armazenadas em potes herméticos de vidro para análises posteriores.

Determinação do teor de umidade. Pesou-se uma quantidade de amostra em cadinhos (triplicata) e colocou-se os cadinhos com as amostras dentro de uma estufa a 105°C durante 24 horas. Foram resfriadas em um dessecador e pesou-se novamente. O cálculo do teor de umidade foi calculado a partir da Equação 1 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005):

$$\%umidade = 100 - \frac{(Peso\ cadinho\ após\ estufa - Peso\ cadinho\ vazio) * 100}{Peso\ da\ amostra} \quad (1)$$

Determinação da atividade de água. Para medir a atividade de água dos produtos in natura e secos, utilizou-se o equipamento AquaLab Series 4TE, seguindo o procedimento escrito pelo fabricante.

Preparo das Oficinas e Aulas Práticas. Para realização das oficinas, estas foram confeccionadas de modo a mostrar a importância dos estudos das ciências básicas e sua relação com o curso de engenharia química, de modo a despertar a curiosidade dos alunos de ensino médio em temas como engenharia, matemática e física. Para a realização de aulas práticas em cursos superiores, conversou-se com a coordenação do curso de Engenharia Química e professora da disciplina de Laboratório de Engenharia 3, e foi proposto a utilização do secador no curso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ajustes e testes foram realizados com o objetivo de adquirir conhecimento da variação de temperatura devido ao aquecimento pelas quatro resistências instaladas no secador. Com os ajustes finalizados, foi realizada a primeira secagem com abóbora (Figura 1) e assim pode-se observar que o parâmetro ajustado para a secagem foi atingido. Este parâmetro seria manter a temperatura em até 60 °C (Figura 2). Quando a temperatura chegava a um valor maior que o adotado, desligava-se uma das resistências e voltava a ligar esta resistência quando atingia uma temperatura mínima (4 graus do set point de variação). O sistema de controle de temperatura consistiu de um programa desenvolvido no computador pela própria equipe do projeto, utilizando um arduino e sensores de temperatura e umidade relativa.

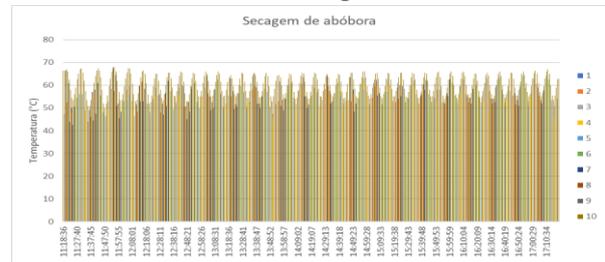
Foram realizados mais dois testes, um com casca de pitaya e outro com banana, para analisar o comportamento da temperatura durante tempos mais longos de processo. Portanto, para a secagem da casca de pitaya e banana foi preciso aproximadamente 11 horas de secagem e observou-se que o secador manteve a temperatura próxima ao set point, com as variações on-off, porém sem variações maiores àquelas já vistas anteriormente.

Figura 1: Amostra de abóbora na secagem.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 2: Variação da temperatura do ar em diferentes pontos do secador durante tempo de processo, durante teste de secagem da abóbora.

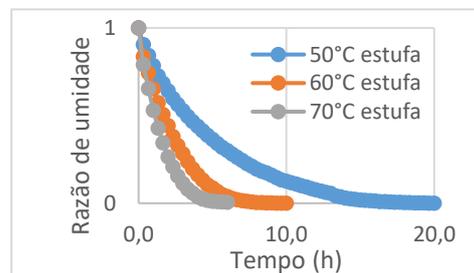


Legenda: os números de um a dez indicam os sensores instalados.

Fonte: Autoria própria (2019).

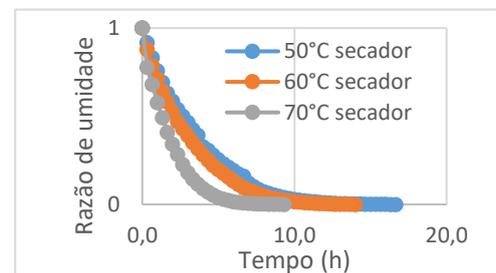
Para finalizar a validação do secador como um equipamento de secagem, foi feito secagem de hibisco em três temperaturas distintas (50, 60, 70°C) e analisou-se os dados de secagem, fazendo a cinética, taxa de secagem e a modelagem das curvas de secagem. Estes dados foram comparados aos dados de secagem de hibisco em uma estufa com convecção forçada nas mesmas condições do secador. As Figuras 3 e 4 representam dados de secagem nos dois equipamentos, e observa-se um padrão de decaimento das curvas ao longo do processo, sendo a única diferença entre as curvas, a rapidez com que cada curva atinge o equilíbrio de secagem do hibisco. Dessa forma, nota-se que o efeito da temperatura do ar de secagem é significativo, para ambos os equipamentos, e de modo similar.

Figura 3: Cinética de secagem do hibisco nas temperaturas de 50, 60, 70°C na estufa.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 4: Cinética de secagem do hibisco nas temperaturas de 50, 60, 70°C no secador.



Fonte: Autoria própria (2019).

Constatou-se também que para as temperaturas maiores (60 e 70°C) se atinge o equilíbrio de secagem mais rapidamente com a estufa, com uma diferença de 3 a 4 horas de secagem. Já para a temperatura de 50°C, a secagem é mais rápida utilizando o secador, sendo 3 horas de diferença para a estufa. Uma possível explicação é que devido ao controle de temperatura do secador ser on-off, a variação de temperatura é maior comparada à estufa de laboratório. E quanto menor a temperatura de secagem, mais sensível o sistema de controle fica. Dessa forma, atinge-se temperaturas com 4 graus, em média, maiores que 50°C. E como a temperatura influencia na cinética, nota-se que essa sensibilidade é maior em temperaturas mais baixas.

No dia 10 de abril de 2019, o secador construído ficou em exposição em evento da cidade de Londrina, a Expo Londrina (Figura 5), oportunidade em que foi apresentado o secador para a população do evento, e explicado o funcionamento e as operações unitárias envolvidas no desenvolvimento do equipamento. Além disso, foi feita a demonstração de banana seca (Figura 6) obtida no equipamento.

Figura 5: Exposição do secador na Expo Londrina (10/04/2019).



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 6: Amostra de banana sendo seca para degustação na Expo Londrina.



Fonte: Autoria própria (2019).

No dia 16 de maio de 2019, houve a realização de uma oficina (Figuras 7 e 8) com alunos do cursinho pré-vestibular Feldman da UTFPR com intuito de mostrar para os alunos, o projeto realizado (construção do secador), e concomitantemente, mostrar aos alunos analogias entre conteúdos aprendidos durante o ensino médio, com conceitos utilizados para a construção/utilização do secador. Entre as analogias comentadas na oficina tem-se:

1-A secagem acontece pela exposição dos alimentos a um fluxo de ar seco e quente. **Analogia:** Determinação da velocidade do ar: Pode-se relacionar com a definição de velocidade média simples aprendida no ensino médio que é $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$.

2-O ar passa pela resistência aletada onde é aquecido. **Analogia:** Transferência de calor (calorimetria): Estudar como se dá o fenômeno de condução (aquecimento do metal) e convecção (aquecimento do ar), para assim saber, a quantidade de calor adquirida pelo ar.

3-Ar quente tende a subir, e retira água dos alimentos através da transferência de calor entre o ar e o alimento. **Analogia:** Calorimetria: Saber por meio de convecção a quantidade de água retirada do alimento. Atividade microbiana: Estudo de atividade microbiana para saber a viabilidade do produto a ser produzido.

Figura 7: Oficina com alunos do cursinho Feldman (16/05/2019).



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 8: Oficina com alunos do cursinho Feldman (16/05/2019).



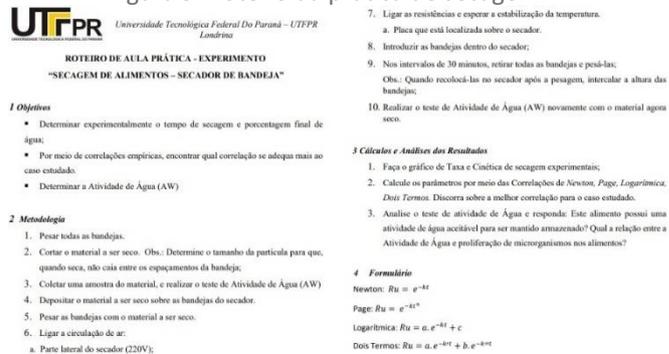
Fonte: Autoria própria (2019).

A oficina foi um sucesso, tendo em vista que, se atingiu o objetivo de passar aos alunos a praticidade do conteúdo estudado em sala de aula, além de, mostrar o projeto realizado. Outra oficina está marcada para setembro e será realizada com alunos de ensino médio de um colégio da cidade de Londrina.

Adicionalmente, como a proposta também é a utilização do secador em aulas dos cursos de engenharia da universidade, foi conversado com a coordenação do

curso de engenharia química para permitir montar um experimento prático na disciplina de Laboratórios em Engenharia Química 3. Esta aula ainda não foi realizada, mas na Figura 9 tem-se o roteiro padrão a ser utilizado em na proposta da aula utilizando o secador.

Figura 9: Roteiro da prática de secagem.



UTFFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFFPR
Londrina

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA - EXPERIMENTO
"SECAGEM DE ALIMENTOS - SECADOR DE BANDEJA"

1 Objetivos

- Determinar experimentalmente o tempo de secagem e porcentagem final de água;
- Por meio de correlações empíricas, encontrar qual correlação se adequa mais ao caso estudado;
- Determinar a Atividade de Água (AW).

2 Metodologia

- Pesar todas as bandejas.
- Cortar o material a ser seco. Obs.: Determine o tamanho da partícula para que, quando seca, não caia entre os espaçamentos da bandeja;
- Coletar uma amostra do material, e realizar o teste de Atividade de Água (AW)
- Depositar o material a ser seco sobre as bandejas do secador.
- Pesar as bandejas com o material a ser seco.
- Ligar a circulação de ar:
 - Parte lateral do secador (220V);

3 Cálculos e Análise dos Resultados

- Faça o gráfico de Teta e Cinética de secagem experimental;
- Calcule os parâmetros por meio das Correlações de Newton, Page, Logarítmica, Dois Termos. Discorra sobre a melhor correlação para o caso estudado;
- Análise o teste de atividade de Água e responda: Este alimento possui uma atividade de água aceitável para ser mantido armazenado? Qual a relação entre a Atividade de Água e proliferação de microrganismos nos alimentos?

4 Formulário

Newton: $R_u = e^{-kt}$

Page: $R_u = e^{-kt^n}$

Logarítmica: $R_u = a \cdot e^{-bt} + c$

Dois Termos: $R_u = a \cdot e^{-kt} + b \cdot e^{-nt}$

7. Ligar as resistências e esperar a estabilização da temperatura.
a. Placa que está localizada sobre o secador.

8. Introduzir as bandejas dentro do secador;

9. Nos intervalos de 30 minutos, retirar todas as bandejas e pesá-las;
Obs.: Quando recolocá-las no secador após a pesagem, intercalar a altura das bandejas;

10. Realizar o teste de Atividade de Água (AW) novamente com o material agora seco.

Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÃO

O equipamento construído apresentou desempenho comparável a uma estufa de convecção forçada, demonstrando resultado positivo em relação à cinética pois os dados e a modelagem destes nos dois equipamentos se mostraram muito próximas. Uma vez demonstrado que o equipamento é viável, foram confeccionadas oficinas com alunos do ensino médio e população expondo a interdisciplinaridade e analogias dos conteúdos necessários para o estudo do secador entre disciplinas universitárias e do ensino médio. As oficinas foram bastante interessantes, visto que os alunos participaram da oficina ativamente, interagiram e notaram a importância dos conteúdos vistos em sala de aula com o processo de desenvolvimento de um secador.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à UTFPR pela bolsa concedida e infraestrutura. Também agradeço ao IFPR por ceder equipamentos para automatização e funcionamento do secador. Aos meus orientadores por todo apoio e ensinamentos.

REFERÊNCIAS

TADINI, C. C. et al. Operações Unitárias na Indústria de Alimentos. 1 ed. São Paulo, 2015.

NOGUEIRA, I. N.; CONEJO, F. E. P.; WILBERG, V. C. Manual para construção de um desidratador de Produtos Agroindustriais. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1028273/manual-para-construcao-de-um-desidratador-de-produtos-agroindustriais>. Acesso em 05 abr 2019.

CARDOSO, I. R. M. et al. Análise da cinética e modelagem matemática da secagem da polpa de buriti (mauritia flexuosa l). ENGEVISTA, V. 19, n.5, p. 1188-1197, dez. 2017. Disponível em:
<http://periodicos.uff.br/engevista/article/view/9161>. Acesso em 08 abr 2019.