

## AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE SECAGEM DO MANDACARU (*Cereus jamacaru* P.DC.) EM ESTUFA

Luana Maria de Queiroz Silva<sup>1</sup>  
Maria Suenia Nunes de Moraes<sup>2</sup>  
Bruno Rafael Pereira Nunes<sup>3</sup>

### RESUMO

A caatinga é um bioma brasileiro que apresenta uma rica biodiversidade com alto potencial, especialmente os produtos vegetais que podem ser utilizados para diversos fins. Com isso, diversos estudos são realizados para a adoção de métodos de conservação que possam contribuir para o desenvolvimento de mais uma fonte alimentar e agregar valor a estes produtos. Neste sentido, o presente trabalho objetivou analisar a cinética de secagem do Mandacaru (*Cereus jamacaru* P.DC.), acondicionada em estufa durante um período de 12 horas, em diferentes temperaturas. Os testes foram realizados a 50°C e 60°C, sendo coletados dados de umidade, em diversos tempos, sendo estes ajustados aos modelos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e qui-quadrado reduzido ( $\chi^2$ ). Os experimentos foram realizados em triplicata, utilizando mandacaru cortado em rodela, com espessura média de 1,4 cm e diâmetro médio de 11,1 cm. Os modelos propostos se ajustaram bem aos dados experimentais, sendo o melhor ajuste para o Logarítmico, por apresentar o maior valor de  $R^2$  e menor  $\chi^2$ , para as duas temperaturas, indicando que este modelo representa satisfatoriamente o fenômeno de secagem de mandacaru em estufa, para as condições estudadas.

**Palavras-chave:** Operações Unitárias. Semiárido Brasileiro. Biodiversidade.

### INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um país que apresenta uma das maiores biodiversidades do mundo, além de possuir uma grande diversidade de produtos naturais que apresentam um grande potencial de uso econômico. Esta grande disponibilidade de matéria prima aliada ao uso de tecnologias adequadas permite gerar produtos alimentícios, cosméticos, farmacológicos e também biocombustíveis (CORADIN *et al.*, 2011).

A Caatinga é o bioma característico do Nordeste. A região do Semiárido é caracterizada por apresentar um clima quente e seco, com pouca ocorrência de chuvas e mesmo sendo uma

---

<sup>1</sup>Graduada do Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, luanaqueiroz9@gmail;

<sup>2</sup>Graduanda pelo Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, sueniasusudosax@gmail.com;

<sup>3</sup>Doutor pelo Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, bruno.nunes@ufcg.edu.br;

região vista, muitas vezes, como inviável para pesquisa, apresenta muitas espécies com grandes potenciais que são poucos conhecidas, como por exemplo, o mandacaru.

O mandacaru (*Cereus jamacaru* P.DC.) é uma espécie nativa do semiárido Nordestino, pertencente à família Cactaceae. Cresce em solos pedregosos podendo ser encontrado nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais (SILVA, 2009).

A secagem é uma operação unitária que tem a finalidade de reduzir o teor de umidade de um produto até que se torne adequado à estocagem de modo que mantenha seu padrão de qualidade (CASEMG, 2016). É um dos métodos mais antigos e bastante utilizado para conservação de alimentos e vegetais para diversos usos após a colheita. Consiste na remoção de umidade de um produto devido a transferência simultânea de calor e de massa (ONWUDE *et al.*, 2017).

Para compreensão dos processos de secagem são empregados métodos teóricos, empíricos e semi-empíricos, que descrevem matematicamente o processo de secagem. Os métodos empíricos baseiam-se na utilização dos dados experimentais apenas das condições externas de secagem, não fornecendo indicações sobre o transporte de energia e massa no interior do produto (LEITE *et al.*, 2016). Os modelos semi-empíricos baseiam-se na Lei de Newton para o resfriamento, aplicada à transferência de massa. Por exemplo, o modelo de Page, formulado em 1949, é um dos mais utilizados para a representação da secagem de produtos agrícolas, dentre outros, como os modelos matemáticos de Newton, Henderson & Pabis, Logarítmico, Lewis, Thompson, Midilli Modificado e Verma são largamente adotados nos mais diversos tipos de processos de secagem (PESSOA *et al.*, 2011).

Devido a larga disponibilidade do mandacaru, na região do semiárido, e a fácil obtenção do mesmo, justifica-se o desenvolvimento desse trabalho, que visa agregar valor a esta matéria-prima e a região do Cariri Paraibano. Além disso, objetivou-se uma avaliação da cinética de secagem em diferentes temperaturas, analisando os resultados obtidos e aplicando modelos matemáticos para predição do comportamento dos processos.

## **METODOLOGIA**

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biologia Celular e Molecular do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Sumé-PB.

As amostras foram obtidas no próprio campus, higienizadas em água corrente e cortadas em rodela, conforme apresentado na Figura 1, com média de 1,4 cm de espessura e 11,1 cm de diâmetro. Os experimentos foram realizados em triplicata.

**Figura 1** - Amostras do mandacaru higienizadas, cortadas em rodela nas devidas proporções e adicionadas em vidro de relógio, em triplicata, antes do processo de secagem.



Fonte: o autor.

O estudo da cinética de secagem para as duas temperaturas estudadas foi realizado em dias diferentes. As amostras foram pesadas em balança analítica (AUY220), sendo que no dia em que se aplicou 50°C, a temperatura e umidade relativa ambiente média foram de 21°C e 92%, respectivamente; No dia em que se aplicou a temperatura de 60°C foram verificadas temperatura e umidade relativa ambiente média de 22°C e 66%, respectivamente.

Após a determinação das massas, as amostras foram acondicionadas em estufa (MICROPROCESSADA DE CULTURA E BACTERIO, MODELO Q316M5 SEL. AUT. 110/220), permanecendo no equipamento por um período de 12 horas. Foram realizadas doze (12) pesagens em intervalos de dez minutos, dez (10) em intervalos de trinta minutos, três (3) em intervalo de sessenta minutos e três (3) em intervalos de quarenta minutos, totalizando, assim, um tempo total de doze horas.

Por meio dos dados obtidos na etapa anterior, foi possível realizar a análise do comportamento cinético, através dos cálculos da umidade em base úmida ( $X_{bu}$ ), em base seca ( $X_{bs}$ ) e do parâmetro adimensional razão de teor de água (RX), aplicando as Equações (1), (2) e (3), respectivamente, conforme método descrito por Martins (*et al.* 2016).

$$X_{bu} = \frac{m_i - m_e}{m_i} \quad \text{Equação (1)}$$

$$X_{bs} = \frac{m_i - m_e}{m_e} \quad \text{Equação (2)}$$

$$RX = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs,0} - X_e} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:  $m_i$  =massa no tempo  $i$ ;  $m_e$ =massa no equilíbrio;  $X_e$ =umidade de equilíbrio;  $X_{bs,0}$ =umidade inicial.

O ajuste dos dados aos modelos matemáticos (Tabela 1) de Newton, Henderson & Pabis, Page e Logarítmico pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e qui-quadrado reduzido ( $\chi^2$ ), foi realizado através do software OriginPro 2016®. O parâmetro  $k$  é considerado como sendo o coeficiente de secagem ( $s^{-1}$ ), que representa o efeito das condições externas da operação sobre as amostras. Já em relação aos coeficientes,  $a$ ,  $b$  e  $n$ , são avaliados como sendo parâmetros adimensionais, e “ $a$ ” e “ $n$ ” nos modelos de Henderson & Pabis e Page, refletem a extensão da resistência interna do produto as condições empregadas (SILVA, 2018 apud CABRAL FILHA *et. al.*, 2016).

**Tabela 1** - Modelos de regressão não-linear aplicados à curva de secagem do mandacaru (*Cereus jamacaru*), em estufa.

MODELO	EQUAÇÃO	REFERÊNCIA
Newton	$RX = e^{-kt}$	O’callaghan <i>et al.</i> (1971)
Henderson & Pabis	$RX = a.e^{-kt}$	Henderson E Pabis (1962)
Page	$RX = e^{-kt^n}$	Page (1949)
Logarítmico	$RX = a.e^{-kt} + b$	Yagcioglu <i>et al.</i> (1999)

Fonte: Silva, 2018.

## DESENVOLVIMENTO

O Mandacaru é uma espécie nativa da vegetação da caatinga, pertencendo à família Cactaceae, tem como nome científico *Cereus jamacaru*. Sua informação taxonômica é descrita como: Reino *Plantae*, Super-divisão Espermatófita, Divisão Angiosperma, Classe Magnoliopsida (ARAÚJO, 2018). Tem grande importância para a sustentabilidade e conservação da biodiversidade deste bioma, além de ser uma cactácea nativa que vegeta nas caatingas nordestinas (NUNES, 2013). Seus frutos constituem alimentos para pássaros e animais silvestres e, principalmente em períodos de grandes estiagens, o caule é utilizado como volumoso na alimentação dos animais.

O mandacaru, entre outras cactáceas nativas da caatinga, tem sido utilizado nos períodos de seca prolongada, como um dos principais suportes forrageiros dos ruminantes (CANDIDO *et al.*, 2002). Segundo Cavalcanti e Resende (2004), cerca de 46,25% dos pequenos agropecuaristas utilizam essa planta nativa da caatinga para a alimentação de seus ruminantes nos períodos da seca no sertão.

É um cacto de porte arbóreo (sua altura atinge até 10 metros) de tronco muito grosso e ramificado (ramos eretos e irregulares dispostos em ângulos agudos e curvados, além de caule suculento sem folhas) que pode fornecer madeira de até 30 centímetros de largura. Suas ramificações são cobertas de espinhos (que constituem a defesa do mandacaru contra animais, mas também representa uma forma de evitar a perda de água), além de existir algumas espécies de cactos que não possuem a presença de espinhos (SILVA *et al.*, 2018).

De acordo com Nobel (2002), além da utilização do mandacaru na forragicultura, seu fruto é utilizado na alimentação humana. O uso de cactáceas na alimentação humana já é bastante difundido em alguns países como México e Peru, onde os frutos e cladódios de cactos são considerados iguarias. Segundo Andrade *et al.* (2006), a espécie *Cereus jamacaru* tem várias utilizações em processos inflamatórios ocasionados por diferentes agentes, usados para o tratamento de problemas renais, e o xarope para o tratamento de tosses, bronquites e úlceras, além de apresentar grande potencial para o melhoramento genético. Barbera *et al.* (1999) descrevem os principais usos tradicionais, e potenciais de cactáceas com propriedades terapêuticas.

Um estudo realizado por Almeida *et al.* (2005) permitiu verificar que esta fruta apresenta grande potencial de aproveitamento industrial por apresentar teores relativamente elevados de Sólidos Solúveis Totais (SST) e Açúcares Redutores (AR). Além disso, a polpa do fruto do mandacaru é semi-ácida e pobre em vitamina C.

A secagem é o método utilizado para conservar a qualidade dos produtos agrícolas produzidos comercialmente (SANTOS, 2016). É um processo clássico usado para a preservação de alimentos, “que diminui a disponibilidade da água (atividade de água) para reações de deterioração, aumenta a estabilidade e reduz o volume” (MELO, 2013). Também resulta em uma transformação do produto, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado (SANTOS, 2016; FELLOWS, 2006; SHIGEMATSU *et al.*, 2005). Incide na retirada de uma grande parte de água inicialmente contida no produto logo após a sua maturidade fisiológica, para que promova longos períodos de tempo de armazenamento, sem que ocorram perdas significativas durante o processo (MARTINAZZO, 2010).

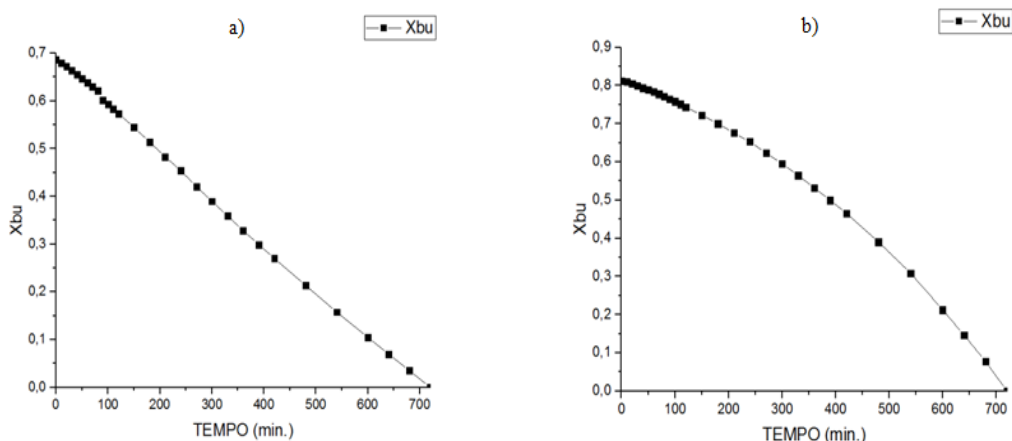
As vantagens da secagem são várias, dentre as quais podemos citar a conservação do produto, ocorrendo à redução do seu peso. Segundo Park *et al.* (2007), a importância da aplicação da técnica de secagem gera o aumento da vida útil do produto; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; diminuição das ações microbiológicas; além do material desidratado ser nutritivo, facilidade no transporte e comercialização; o material seco reduz o volume de sua massa específica, tornando o processo de secagem mais econômico; produtos desidratados têm baixo custo de armazenagem e redução na perda pós colheita.

Alguns produtos, quando submetidos à secagem, conservam bastante suas características físicas e nutritivas, e retornarão ao aspecto natural quando reconstituídos em água. Assim, este processo representa uma forma viável de conservação de alimentos para consumo humano ou animal. Além disso, ao reduzir a quantidade de água, são criadas condições desfavoráveis para o crescimento microbiano (SILVA, 2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras do Mandacaru (*Cereus jamacaru*) *in natura*, apresentaram um conteúdo de umidade em base úmida em torno de  $90,69 \pm 0,023\%$ . Como foram coletados dados durante todo o período de aplicação de secagem, foi possível avaliar o comportamento da umidade em base úmida em função do tempo, para as duas temperaturas em estudo. O gráfico 1(a e b) apresentam o comportamento cinético do processo de secagem do Mandacaru em estufa a 50 e 60°C.

**Gráfico 1** - Comportamento da umidade ( $X_{bu}$ ) em função do tempo (min), na secagem do mandacaru em estufa a 50 (a) e 60°C (b).



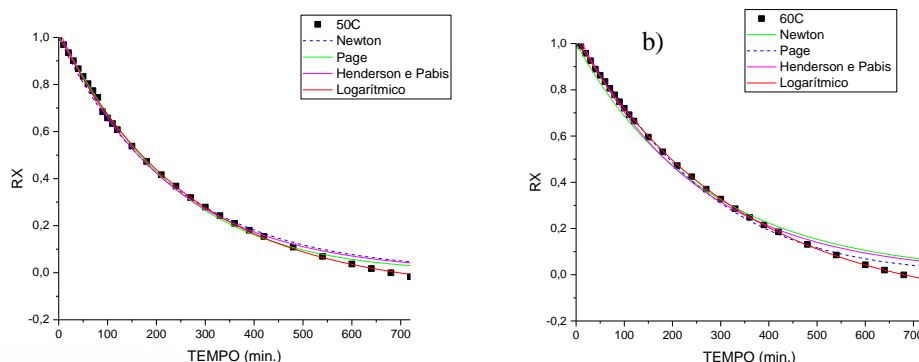
Fonte: O autor.

No gráfico 1, pode-se observar que o teor de umidade das amostras é inversamente proporcional ao tempo, para as duas temperaturas. Esse decréscimo já era esperado e pode ser explicado pela remoção da água presente no Mandacaru, sendo esta remoção ocasionada pela transferência de calor e de massa que ocorrem na superfície do material, por vaporização, e do interior para superfície, principalmente por difusão, devido às condições no interior da estufa (SILVA, 2018). É possível verificar também que na temperatura de 60°C obteve-se uma maior redução da umidade. O teor inicial para esta temperatura era de 81%, e de 69%, ao aplicar 50°C, sendo alcançados valores finais de 8 e 4%, respectivamente. Como os experimentos foram realizados em dias diferentes, a discrepância entre os valores de umidade inicial podem ser explicados pela posição do caule em que as rodela foram coletadas.

Martins *et al.* (2016), estudando a influência da temperatura sobre o tempo de secagem da acerola, verificou que para temperatura de 50°C foram necessários 720 minutos para obter um determinado teor de umidade, enquanto que na temperatura de 60°C, o tempo foi de 540 minutos. Santos Jr. *et al.* (2018) observaram que o período de massa constante na secagem de maçã Fuji foi alcançado em um tempo menor quando se utiliza uma temperatura maior. Silva *et al.* (2017), secaram a polpa de cupuaçu, empregando uma estufa com circulação de ar, e alcançaram os tempos de secagem de 80 e 120 minutos, para as temperaturas de 100 e 80°C, respectivamente. De acordo com Amaral (2014), o uso de temperaturas altas provoca aumento na taxa de secagem.

O Gráfico 2 apresenta as curvas de secagem obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água, no parâmetro adimensional (RX) ajustado aos modelos matemáticos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, para 50 e 60 °C.

**Gráfico 2** - Comportamento da razão de secagem (RX), em função do tempo, ajustado pelos modelos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico para as temperaturas de 50 (a) e 60°C (b).



Fonte: o autor.

Verifica-se que, nas condições estudadas, os dados de razão de secagem em função do tempo, se ajustaram bem aos modelos propostos, ou seja, podem apresentar uma boa representação dos dados experimentais. Os valores dos parâmetros dos modelos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, ajustados aos dados experimentais, com os correspondentes valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e qui-quadrados reduzidos ( $\chi^2$ ), para as duas temperaturas aplicadas, estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Modelos de regressão não-linear aplicados à curva de secagem do Mandacaru (*Cereus jamacaru*), em estufa a 50 e 60°C.

50 °C						
MODELO			PARÂMETROS			
	a	k	B	n	R <sup>2</sup>	$\chi^2$
Newton		0,00427			0,99421	0,00065
Henderson &Pabis	1,0319	0,00446			0,99589	0,00048
Page		0,00238		1,1087	0,99772	0,00027
Logarítmico	1,09368	0,0037	-0,08308		0,99941	0,00007
60 °C						
MODELO			PARÂMETROS			
	a	k	B	n	R <sup>2</sup>	$\chi^2$
Newton		0,00375			0,98721	0,00148
Henderson &Pabis	1,05188	0,00402			0,99197	0,00096
Page		0,00132		1,191	0,99702	0,00036
Logarítmico	1,17977	0,00294	-0,15943		0,99978	0,00003

Fonte: o autor.

Verifica-se que todos os modelos podem ser utilizados para representar o processo de secagem, ou seja, todos os modelos matemáticos se ajustaram bem aos dados experimentais, sendo que o modelo Logarítmico foi o que obteve melhor ajuste diante dos dados obtidos (melhor ajuste entre os quatro modelos testados), por apresentar maior valor de  $R^2$  (0, 99941 e 0, 99978) e menor valor de  $\chi^2$  (0, 00007 e 0, 00003), para as temperaturas de 50 e 60 °C, respectivamente, sendo assim, considerado o mais indicado para descrever a secagem do Mandacaru em estufa. Resoluções semelhantes foram encontradas por Pontes (2009), em seu trabalho, no qual foi realizada a determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) a diferentes temperaturas, sendo possível observar que os modelos de Logarítmico e Page foram os que mais se ajustaram, apresentando coeficiente de determinação superior a 0,99. Outro trabalho onde foi possível observar elevados valores para o  $R^2$ , utilizando os mesmos modelos de Lewis, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page,



foi o trabalho de Martins *et. al.* (2016), no qual foi realizada a desidratação de polpa do figo-da-índia em estufa de circulação.

Constata-se ainda, que o parametro  $k$  diminui com o aumento da temperatura, diferente do que foi verificado por Kaya *et al.* (2007), ao estudarem a cinética de secagem de maçã nas temperaturas de 35, 45 e 55°C, onde este parametro sofreu aumento com a elevação da temperatura. Esta constante está relacionada à difusividade térmica no processo de secagem (GUPTA *et al.*, 2015), e seu comportamento ganha sentido pois o aumento da temperatura permite o fornecimento de maior quantidade de energia na forma de calor, o que faz com que as rodela se ajustem mais rapidamente à temperatura, por chegar à umidade de equilíbrio em menor tempo que no uso de temperaturas mais baixas. Entretanto, devido ao maior teor de umidade inicial do material utilizado, quando aplicou-se a temperatura de 60°C, a energia fornecida, pode não ter sido o suficiente para que o equilíbrio fosse alcançado mais rapidamente, nesta condição.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A secagem do mandacaru utilizando estufa mostrou uma boa reprodução dos dados experimentais, sendo possível concluir que quando se aplica uma maior temperatura, para o mesmo tempo de processamento, é possível gerar uma maior redução no teor de umidade das amostras. O modelo Logarítmico foi o que obteve melhor ajuste diante dos dados obtidos por apresentar maior valor de  $R^2$  (0,99941 e 0,99978) e menor valor de  $\chi^2$  (0,00007 e 0,00003), para as temperaturas de 50 e 60 °C, respectivamente, sendo assim, considerado o mais indicado para descrever a secagem do Mandacaru em estufa. Observou-se também que todos os modelos matemáticos se ajustaram de maneira satisfatória as curvas obtidas

## REFERÊNCIAS

AMARAL, A. P. C. **Estudo Da Secagem De Maças: Utilização De Pré-Tratamentos.** Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos). Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

ANDRADE, C.T.S., MARQUES, J.G.W, ZAPPI, D.C., Utilização medicinal de cactáceas por sertanejos baianos, **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.8, n.3, p.36-42, 2006.

ARAÚJO, I.; PEREIRA, F. **Biometria de Frutos do Mandacaru (*Cereus Jamacaru*) Plantados em Áreas Degradadas no Seridó Paraibano.** Monografia ( Pós-Graduação em

Recursos Ambientais do Semiárido), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFPB, Picuí- PB, 2018.

ARAÚJO, L. F. **Enriquecimento Protéico do Mandacaru sem Espinhos (*Cereus jamacaru* P.DC.) e da Palma Forrageira (*Opuntia Ficus-índica* Mill) em Meio Semi-Sólido por Processo Biotecnológico**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande- PB ,2004.

BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E. Agroecología, cultivos y usos del nopal. **Estudio FAO producción y protección vegetal**. Roma: FAO, 1999.

CANDIDO, H. G; BARBOSA, M. P; SILVA M. J. da. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p. 368-371, 2002.

CASEMG. Secagem de grãos. Companhia de Armazéns e Silos de Minas Gerais S.A. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.casemg.gov.br/index.php/servicos/secagem-de-graos/>> Acesso em 24 de Outubro de 2019.

CAVALCANTE , N.B .; RESENDE , G.M Consumo do mandacaru (*Cereus jamacaru* P . DC.) por caprinos na época da seca do Semiárido de Pernambuco. **Revista Caatinga** ,v. 19, p. 402-408, 2004.

CORADIN, L.; SIMINSK, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 934 p, 2011.

SILVA, M.C.N.; RODRIGUES, F.W.A.; VIEIRA, D. V.; **Uso etnobotânico do Mandacaru (*cereus jamacaru de. Candolle*) x biologia da conservação: percepção ambiental dos moradores de uma comunidade rural do sertão Pernambucano**. Congresso Internacional de Ciências Agrárias – COINTER, João Pessoa – PB, 2018.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 602 p., 2006.

GUPTA, Shilpi; COX, Sabrina; ABU-GHANNAM, Nissreen. Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown seaweed. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 1266-1272, 2011.

KAYA, A.; AYDIN, O.; DEMIRTAS, C. Drying kinetics of red delicious apple. **Biosystems Engineering**, v. 96, n. 4, p. 517–524, 2007.

LEITE, D. D. F.; PEREIRA, E. M.; ALBUQUERQUE, A. P.; MENDES, F. de A.; ALEXANDRE, H. V. Avaliação da cinética de secagem da carambola em secador convectivo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 01-04, 2016.

MARTINAZZO, A. P.; et. al. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12. n.4, 2010.

MARTINS, G.M.V.; Alves, F.M.S.; Sousa, S. de.; Canuto, M.F.S.C.; Cartaxo Neta, A. M.A. Cinética de Secagem da Acerola (*Malpighia Emarginata* D.C.) pelo Método Foam – Mat. **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. Fortaleza, CE. 2016.

MELO, KARLA DOS SANTOS et al. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 9-17, 2013.

NOBEL, P.S. **Cactus: Biology and Uses**. University of California Press, California, 304 p., 2002.

NUNES, J. T.; FIGUEIREDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; SANTIAGO, V.M.S.; GOMES, J.F. Caracterização química e colorimétrica da polpa do mandacaru. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 28, n. 2, p. 102-106, 2013.

ONWUDE, D. I., HASHIM, N., JANIUS, R., ABDAN, K., CHEN, G., & OLADEJO, A. O. Non-thermal hybrid drying of fruits and vegetables: A review of current technologies. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 43, p. 223–238, 2017.

PARK, K.J; ANTONIO, G.C.; OLIVEIRA, R.A. DE; PARK, K.J.B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. 121p. 2007.

PESSOA, T.; GALDINO, P. L.; GURJÃO, G. C.; GURJÃO, F. F.; MATA, M. E. R. M. C. Secagem convectiva de grãos de sorgo em camada fina fina por secador de leito fixo. **Revista Verde**. Mossoró. v.6, n.1, p. 247 – 255, 2011.

PONTES, S.F.O.; SANTOS, C.T.; BONOMO, R.C.F.; PONTES, L.V.; FONTAN, R.C.I. Determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) a diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 2, p. 143-148, 2009.

ROCHA, E, A.; AGRA, M. F. Flora do Pico do Jabre, Brasil: Cactaceae juss. *Acta Botânica Brasileira*, São Paulo, v.1, n.16, p.15-21, 2002.

SANTOS JR, H. C. M.; ROCHA, A. A.; NETO, M. A. B.; REIS, L. C. C.; CHAVES, M. A. Influence of Temperature on Fuji Apple Drying Kinetics. **Anais do IV Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos**, 2018.

SANTOS, A. E. et al. Modelagem matemática para a descrição da cinética de secagem do fruto da palma (*Opuntia ficus indica*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2016.

SILVA, L.M.Q.; BARBOSA, K.C.; LOCIO, C.J.F.; MORAIS, M.S.N.; NUNES, B.R.P. Avaliação da Influência da Temperatura na Cinética de Secagem de *Malus domestica* em Estufa. **Anais do III Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER – PDVAGRO**. João Pessoa, PB. 2018.

SILVA, D. C.; LIMA, M. F.; VÉLEZ, H. A. V.; SANTANA, A. A. Study of modeling cupuaçu pulp drying kinetic in biopolymers production. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetinga, v. 4, n. 3, 2017.

SILVA, E. S. et al. Secagem de grãos e frutas: Revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 19-23, 2015.

SILVA, L. R.; ALVES, R. E.; Caracterização físico-química de frutos de mandacaru. In: **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v.7, n.2, p.199-205, abr./jun. 2009.

SHIGEMATSU, E. et al. Influência de prétratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005.