

## ESTUDO DA SECAGEM DO ABACAXI *PINEAPPLE DRYING STUDY*

MAZZIERO, Pedro Guilherme Serrato<sup>1</sup>; DE LIMA, Bianca Isabela<sup>1</sup>; DE OLIVEIRA, Joselita Benedita<sup>1</sup>; STRZYBNY, Melanie Lourdes<sup>1</sup>; FERNANDES, Vinicius Roberto<sup>1</sup>; D'AMELIO, Monica Tais Siqueira<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Graduando do Curso de Engenharia Química – Universidade São Francisco; <sup>2</sup>Professora do Curso Engenharia Química – Universidade São Francisco

**[pguilherme.semazziero@gmail.com](mailto:pguilherme.semazziero@gmail.com)**

**RESUMO.** A água é um meio de desenvolvimento de microrganismos e nos alimentos esse crescimento não é benéfico. A necessidade de diminuir a perda de alimentos, bem como prorrogar seu tempo de prateleira e ainda contribuir para menor espaço de armazenamento fez surgir o processo de desidratação de alimentos. A técnica mais utilizada é a secagem, operação unitária de transferência de massa, em que a água ou qualquer outro líquido é removido de um material através da evaporação. É considerada uma das mais importantes operações unitárias na engenharia de alimentos. Neste projeto estudou-se a secagem em estufa do abacaxi pérola. O abacaxi foi descascado e cortado em rodela de 2 cm de espessura. Foram secas três rodela por 2,5 h a 100°C. A cada 10 minutos, as massas das rodela eram aferidas para acompanhar a umidade retirada. Com os resultados obtidos foram construídas as curvas de operação e de cinética da secagem. Nos gráficos, foi possível identificar os três períodos de secagem propostos pela literatura. Foi obtido um teor de umidade de 78,25%, sendo possível obter maior remoção se houvesse esperado o processo de difusão. A análise organoléptica mostrou que o sabor foi característico do abacaxi, forte e doce, com boa aparência, sendo um produto possível de comercialização.

**Palavras-chave:** Secagem; desidratação; curva de operação; abacaxi.

**ABSTRACT.** Water is a medium for the development of microorganisms and in food this growth is not beneficial. The need to reduce food loss, as well as extend its shelf life and still contribute to less storage space, gave rise to the process of food dehydration. The most widely used technique is drying, a unit operation of mass transfer, in which water or any other liquid is removed from a material through evaporation. It is considered one of the most important unit operations in food engineering. In this project, the drying of pearl pineapple in an oven was studied. The pineapple was peeled and cut into 2 cm thick slices. Three slices were dried for 2.5 h at 100°C. Every 10 minutes, the mass of the slices was measured to monitor the moisture removed. With the obtained results, the operating curves and drying kinetics were constructed. In the graphs, it was possible to identify the three drying periods proposed by the literature. A moisture content of 78.25% was obtained, being possible to obtain greater removal if the diffusion process had been waited. The organoleptic analysis showed that the flavor was characteristic of pineapple, strong and sweet, with good appearance, being a possible commercialization product.

**Keywords:** Drying; dehydration; operating curve; pineapple.

## INTRODUÇÃO

A água é um meio facilitador para o crescimento de fungos e bactérias, sendo prejudicial aos produtos orgânicos, por isso é importante realizar sua secagem para aumentar seu tempo de prateleira. A grande maioria dos alimentos sofre deterioração com muita facilidade e, diante desse problema, surgiram algumas técnicas de conservação dos alimentos, dentre os quais a desidratação é uma das mais utilizadas (CORNEJO, 2003).

A desidratação de frutas por meio da secagem, tem por objetivo aumentar a vida útil do produto, mantendo o mesmo desidratado e mantendo os seus nutrientes, onde o valor nutricional do produto concentra-se por causa da perda de água. Além disso, essa operação unitária apresenta baixo custo, podendo ter produção caseira ou semi-industrial e fácil armazenamento, além de a mão-de-obra ter baixo custo. Outro benefício desta operação é facilitar o transporte, visto que o produto seco é mais leve e compacto, facilitando, também, sua comercialização. Assim a secagem contribui para redução das perdas pós-colheita e com a agregação de valor ao produto seco (CELESTINO, 2010).

A secagem visa a remoção da água de determinado material na forma de vapor, para a fase gasosa insaturada, que ocorre mediante mecanismo de vaporização térmica (WAUGHON, 2008). Trata-se de um fenômeno complexo que envolve simultaneamente a transferência de calor e massa, podendo abranger ainda a transferência de quantidade de movimento (ALEXANDRE et al., 2013).

Essa é uma das operações unitárias mais empregadas na conservação de alimentos, onde tem como objetivo reduzir o teor de água do produto, ocorrendo o aumento de sua vida, bem como a redução do volume, facilitando o transporte e o armazenamento (BROD et al., 1999). A secagem como método de conservação justifica-se por vários motivos, dentre os quais podemos destacar as elevadas perdas do setor hortifrutícola entre a produção e o consumo, provocadas, principalmente, pela inexistência de um parque agroindustrial nas áreas produtoras sincronizado com a agricultura irrigada (CORNEJO, 2003).

Este trabalho teve como objetivos estudar a secagem em estufa (secagem convectiva), visando a conservação do abacaxi pérola, bem como caracterizar o produto e avaliar o seu comportamento higroscópico, possibilitando estabelecer condições de secagem e armazenamento para o mesmo.

### *Abacaxi*

O abacaxi ou ananás, nomes utilizados tanto para a fruta como para a planta, pertence à família Bromeliaceae e ao gênero *Ananas* Mill. A polpa apresenta cor branca ou amarela, sendo o peso médio dos frutos de um quilo, do qual cerca de 25% é representado pela coroa (GIACOMELLI, 1981). Esta fruta destaca-se pelo valor energético, pela sua alta composição de açúcares, e seu valor nutritivo pela presença de sais minerais (cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio, cobre e iodo) e de vitaminas (C, A, B1, B2 e Niacina), contendo como principal fonte de bromélica. No entanto, apresenta teor proteico e de gordura inferiores a 0,5% (FRANCO, 1989).

O abacaxi pérola é uma fruta de origem da América do Sul, com uma característica mais alongada, com a parte superior mais fina e a parte inferior mais grossa, possui uma tonalidade amarelada-pálida e um sabor doce e pouco ácido, sendo selecionada para ser alvo do estudo realizado (MEDEIROS, 2012).

## *Secagem*

A secagem é uma operação unitária em que ocorre a remoção de um líquido de um material sólido. Este processo faz uso de ar quente para a transferência de calor para o alimento, gerando uma vaporização da água contida. Para sua realização, são utilizados equipamentos chamados de secadores, podendo ser operados à vácuo ou à pressão atmosférica. A capacidade do ar em eliminar a umidade do alimento depende de sua temperatura e, principalmente, de sua umidade relativa (CELESTINO, 2010).

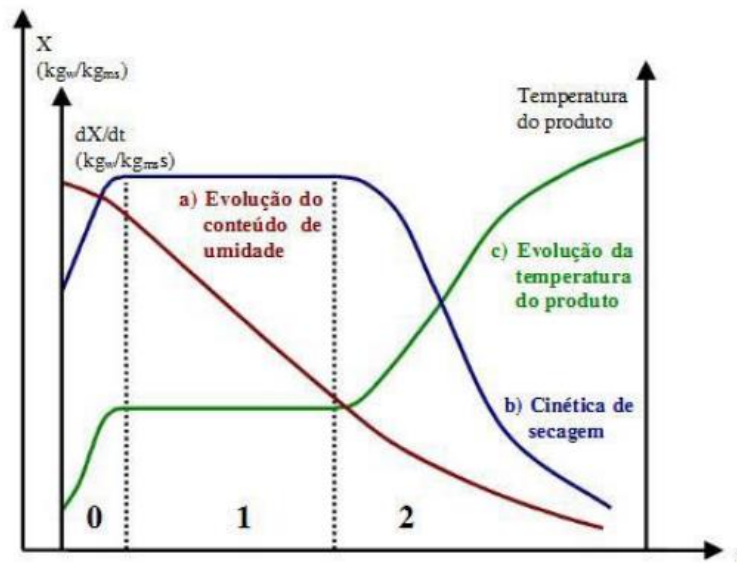
Os métodos de secagem classificam-se quanto ao uso dos equipamentos, sendo natural ou artificial, à periodicidade do fornecimento de calor, sendo contínuos ou intermitentes, e à movimentação da massa de material, podendo ser estacionário ou contínuo (GARCIA et al., 2004).

A secagem natural consiste na exposição dos materiais à radiação solar por um longo período, em locais com condições de altas temperaturas, com presença de ventos e baixas umidades relativas do ar. Já a secagem artificial faz o uso de equipamentos, realizando um condicionamento do ar através de um controle de temperatura, da umidade relativa e velocidade do ar, não dependendo de condições climáticas, conseqüentemente gerando menor tempo de processo (CORNEJO, 2003). Esse tipo de secagem pode ser dividido em dois tipos: secagem em baixa temperatura e secagem em alta temperatura. O primeiro tipo utiliza ar natural ou com temperatura de 1 a 8°C acima da temperatura ambiente, enquanto o segundo utiliza ar com temperaturas de 8 a 10°C acima da temperatura do ambiente (GARCIA et al., 2004).

Dentre os principais equipamentos utilizados para a secagem, destacam-se o secador a bandejas, secador-transportador e secador a tambor. No secador a bandejas, o material é espalhado em bandejas removíveis enquanto o ar aquecido é circulado. No secador-transportador o material é espalhado em esteiras enquanto o ar é soprado através das partículas. O secador a tambor consiste no aquecimento da parte interna de um cilindro, fornecendo energia para a parte externa, em que se encontra o material, evaporando a água presente. Os principais secadores utilizados para a secagem de frutas, tema do trabalho realizado, são os secadores a bandejas, também chamados de secadores tipo túnel (CORNEJO, 2003).

## *Curvas de secagem*

Cada material apresenta um comportamento diferente durante o processo de secagem, dependendo das características do ar utilizado e da transferência de calor ocorrida. Este comportamento pode ser modelado matematicamente com a montagem de uma curva de secagem, conforme observado na Figura 1.



**Figura 1** - Curvas de secagem (Fonte: Adaptado de Brod et al., 1999).

Segundo Brod et al. (1999), a curva (a) representa a evolução do teor de umidade perdida durante a secagem em relação ao tempo de operação. A curva (b) representa a cinética de secagem do produto em relação ao tempo da operação, ou seja, a taxa de secagem do produto. Já a curva (c) representa a variação da temperatura do produto em relação ao tempo de processo.

Analisando os períodos apresentados, o primeiro período (0) representa o início da secagem, com uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor d'água até o ponto de equivalência da transferência de calor e de massa. O segundo período (1) representa a taxa constante de secagem, ou seja, a velocidade de secagem do produto é constante enquanto houver água na superfície do produto. O terceiro período (2) apresenta taxa de secagem decrescente devido à menor presença de água na superfície do produto, promovendo o transporte de umidade do interior do produto para sua superfície, reduzindo a transferência de massa. Neste período pode ocorrer a queima do material, visto que a taxa de transferência de calor supera a transferência de massa de água.

### *Psicrometria*

A psicrometria estuda as relações entre o ar e o vapor de água, sendo de grande importância para o entendimento desta operação unitária. Alguns conceitos são necessários para seu entendimento. Inicialmente, são definidos os conceitos de temperatura de bulbo seco, sendo essa a temperatura do ar medida por um termômetro de bulbo comum, e a temperatura de bulbo úmido, que pode ser entendida como a temperatura em que o vapor de água está em equilíbrio com a água líquida. Para se determinar a temperatura de bulbo úmido, um termômetro de bulbo é envolvido com algodão úmido e a evaporação da água presente nesse algodão se dá pela retirada de calor do termômetro, gerando um resfriamento e, conseqüentemente, uma temperatura menor que a de bulbo seco e uma saturação do ar ao redor (CELESTINO, 2010).

Paralelamente, são definidas as umidades relativa e a absoluta. A umidade absoluta é definida como a massa de vapor de água presente em um quilograma de ar seco. Já a umidade

relativa é definida como a quantidade de água contida no ar em relação à que poderia conter em seu estado de saturação (CELESTINO, 2010).

## MATERIAL E MÉTODO

### *Abacaxi utilizado*

Para o experimento, foi utilizado abacaxi pérola comprado em supermercado na cidade de Bragança Paulista no mês de novembro de 2022.

### *Condições de Operação*

Os experimentos foram realizados no laboratório da Universidade São Francisco, em estufa.

O abacaxi foi descascado e cortado em rodela de aproximadamente 2 cm de espessura, e foram escolhidas três rodela para o experimento. O critério foi a semelhança física entre elas. Foram aferidas as massas iniciais de cada rodela.

As rodela foram secas em estufa à temperatura de 100 °C. A cada 10 minutos, as rodela eram retiradas da estufa para aferir suas massas. O procedimento foi realizado por 2,5 horas.

### *Determinação da umidade retirada*

Para determinar a massa de umidade retirada, foi realizado o balanço de massa representado na Equação 1.

$$m_{um\_retir} = m_{inicial} - m_{sólido} \quad (1)$$

Onde  $m_{umi\_retir}$  é a massa da umidade retirada,  $m_{inicial}$  é a massa inicial do abacaxi e  $m_{sólido}$  é a massa do abacaxi aferida a cada 10 minutos. A unidade utilizada foi o grama.

A umidade retirada acumulada ( $m_{acumulada}$ ) foi determinada pela soma da umidade retirada ao longo do experimento, conforme apresentado na Equação 2.

$$m_{acumulada} = \sum m_{perdida} \quad (2)$$

### *Determinação do teor de umidade*

Para realizar a determinação do teor de umidade total do sólido, utilizou-se a Equação 3.

$$\eta = \frac{m_{úmida} - m_{seca}}{m_{úmida}} \cdot 100\%$$

Onde  $\eta$  é o teor de umidade e  $m$  as massas úmidas e secas dos pedaços de abacaxi (g).

### *Avaliação Organoléptica*

A avaliação organoléptica foi realizada pelos autores. Foi analisado o sabor quanto ao gosto característico do abacaxi, a doçura e aparência do produto.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Curvas de secagem*

A secagem do abacaxi foi realizada durante um período de 2,5 horas, à temperatura de 100 °C. No processo, foram utilizadas três fatias da fruta (Figura 2), sendo realizada uma média aritmética entre as massas para a obtenção dos resultados, expressos na Tabela 1.



**Figura 2** - Corte utilizado para a secagem do abacaxi (Fonte: Próprio autor).

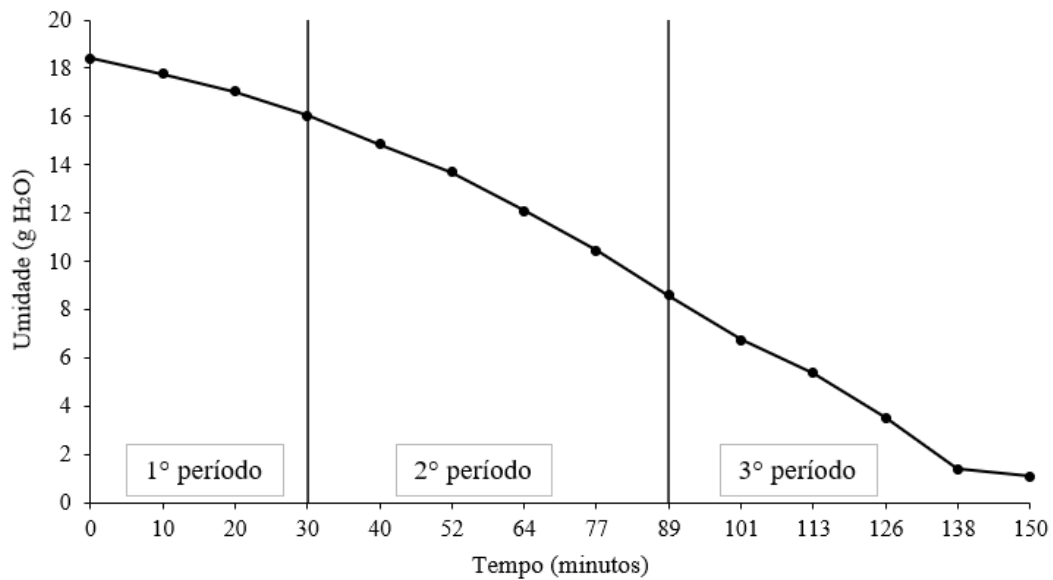
**Tabela 1** - Resultados obtidos pelo processo de secagem.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa Média (g)</b>	<b>Umidade Perdida (g)</b>	<b>Umidade Acumulada (g)</b>	<b>Umidade Contida no Sólido (g)</b>	<b>Kg H<sub>2</sub>O / Kg sólido seco</b>
0	23,5	0,0	0,0	18,4	0,8
10	22,2	1,4	1,4	17,8	0,8
20	20,0	2,1	3,5	17,0	0,9
30	18,2	1,9	5,4	16,0	0,9
40	16,8	1,4	6,7	14,8	0,9
52	14,9	1,9	8,6	13,7	0,9
64	13,1	1,8	10,4	12,1	0,9
77	11,5	1,6	12,1	10,4	0,9
89	9,9	1,6	13,7	8,6	0,9
101	8,7	1,2	14,8	6,7	0,8
113	7,5	1,2	16,0	5,4	0,7
126	6,5	1,0	17,0	3,5	0,5
138	5,8	0,8	17,8	1,4	0,2
150	5,1	0,6	18,4	1,1	0,2

Fonte: Próprio autor.



Com as informações obtidas, possibilitou-se realizar a construção da curva de secagem do processo, informando a evolução do conteúdo de umidade do sólido pelo tempo de operação (Figura 3).



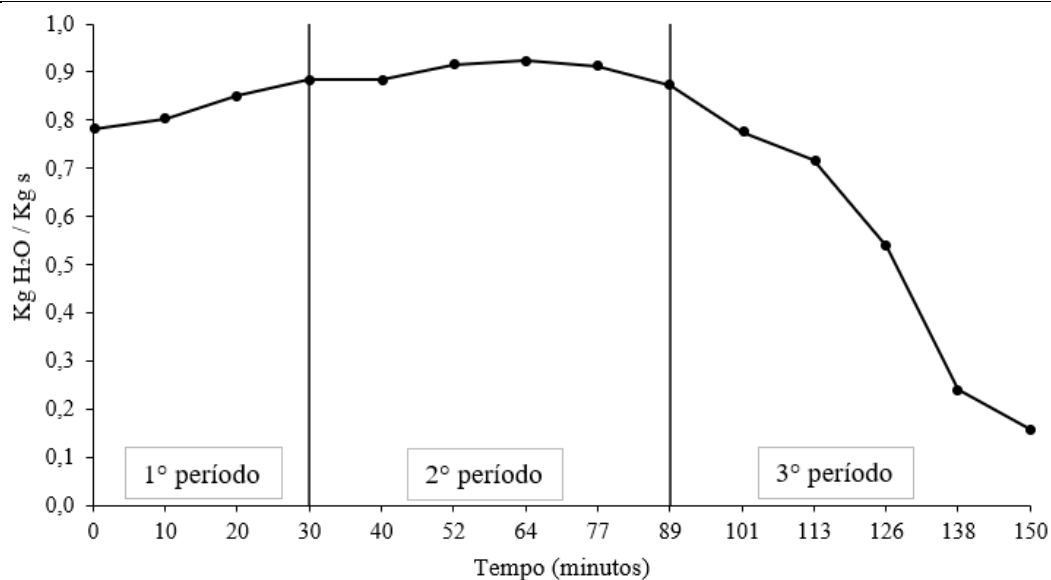
**Figura 3** - Evolução do conteúdo de umidade do abacaxi (Fonte: Próprio autor).

A curva de operação da umidade do abacaxi foi linear do tempo zero a 140 min. Isso mostra que neste período houve a retirada da umidade livre da fruta. A partir deste momento, a umidade se estabilizou. Entretanto, visualmente era possível perceber que ainda havia umidade na fruta (Figura 4). Para remover essa umidade, seria preciso deixar a fruta em repouso à temperatura ambiente, para que não houvesse a queima da massa e permitir que ocorresse o processo de difusão. Esse processo corresponde ao transporte por diferença de concentração da água no interior da fruta para a superfície para que novamente houvesse a remoção da água. Esse período é mais lento e deve ser controlado.



**Figura 4** - Fatia de abacaxi após a secagem (Fonte: Próprio autor).

Com os dados da Tabela 1, foi possível construir a curva cinética, apresentada na Figura 5.



**Figura 5** - Cinética de secagem do abacaxi (Fonte: Próprio autor).

A curva de cinética permitiu identificar os 3 períodos. O primeiro período apresentou comportamento linear que, conforme apresentado na Figura 1, representa o momento inicial da secagem em que há o aumento da temperatura. O segundo período, linear, representa a retirada da umidade livre do sólido e, portanto, apresenta taxa constante. O terceiro período, com decaimento, representa o momento em que a umidade livre acabou e é preciso esperar o processo de difusão.

#### *Determinação do teor de umidade da fruta*

Com os dados obtidos, foi possível determinar o teor de umidade total do abacaxi através da Equação 3, cujo resultado foi de 78,25%.

Ressalta-se que os cálculos realizados consideram toda a massa perdida por secagem sendo água, porém a fruta pode apresentar outros compostos voláteis que podem ter sido perdidos.

#### *Produto final*

Ao final do processo, observou-se grande redução da massa da fruta, conforme observado na Figura 4. Em análise visual da fatia após a secagem, pode-se observar que houve certa queima na extremidade do material, comprovando a ocorrência do terceiro período do processo de secagem.

Para que não ocorresse o processo de queima da fruta, seria necessário retirar o objeto da estufa para seu resfriamento, além de esperar certo tempo para que ocorresse a difusão da água contida em seu interior para a superfície do produto. Após este intervalo de tempo, os testes poderiam ser retomados.

#### *Avaliação Organoléptica do Produto*

O abacaxi seco foi provado pelos autores e os dados obtidos estão apresentados na Tabela 2.



**Tabela 2** – Resultados da análise organoléptica realizadas pelos autores.

Autor	Sabor de abacaxi		Está doce?		Aparência adequada?	
	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
1	X		X		X	
2	X		X		X	
3	X		X		X	
4	X		X		X	
5	X		X		X	
6	X		X		X	

Fonte: Próprio autor.

Os resultados mostram unanimidade no sabor doce e característico do produto final identificado pelos autores. Foram adicionadas observações que o sabor era mais acentuado que a fruta seca. Isso devido à concentração dos nutrientes. A aparência foi considerada boa tornando o produto vendável.

## CONCLUSÃO

O trabalho apresentado teve como principal objetivo estudar as curvas de operação e cinética da secagem do abacaxi pérola cortado em rodela realizada em estufa. Nas duas curvas, foi possível identificar os três períodos de secagem presentes. O primeiro, representado pelo aquecimento do meio e, conseqüentemente, da água presente na fruta. O segundo é a retirada da água livre, em que a taxa de perda de água é constante. E o terceiro, em que é preciso aguardar o processo de difusão pela diferença de concentração. Esse período também foi identificado visualmente, devido ao início da caramelização do abacaxi.

O teor de umidade do abacaxi foi calculado em 78,25%. Ressalta-se que a fruta ainda poderia apresentar certa umidade em seu interior, podendo apresentar teor de umidade ainda maior que o apresentado.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, H. V. et al. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 640-646, 2013.

BROD, F. P. R.; ALONSO, L. F. T.; PARK, K. J. **Secagem de produtos agrícolas**. XI SEMEAGRI – Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp. Campinas: Agrológica – Empresa Júnior de Eng. Agrícola, 1999.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. 2010.

CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. **Secagem como método de conservação de frutas**. Embrapa Agroindústria de Alimentos-Documents (INFOTECA-E), 2003.

GARCIA, D. C et al. **A secagem de sementes**. *Ciência Rural*, v. 34, p. 603-608, 2004.

MACHADO, A. et al. **Cinéticas de secagem do abacaxi cv. Pérola**. *Enciclopédia biosfera*, v. 8, n. 15, 2012.

MEDEIROS, Y. J. G. **Estudo da influência da umidade relativa no coeficiente convectivo: análise de escoamento cruzado em cilindro.** 2018.

WAUGHON, T. G. M.; PENA, R. da S. **Modelagem da secagem em camada delgada da fibra residual do abacaxi.** Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v. 26, n. 2, p. 297-306, 2008.

Publicado em: 24/04/2023