

COMPARACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE LOS RESIDUOS DE CÁSCARA DE TUNA Y CORONA DE PIÑA

Efrén Eugenio Chaparro Montoya^{1,a}; Dora Amalia Mayta Huiza^{2,b}; Edwin Llamoca Domínguez^{3,c}; Diana Choquecahua Mamani^{4,d}; Kristy Stefany Otero Nole^{5,d}

RESUMEN

Objetivo. Comparar el proceso de secado de los residuos de cáscara de tuna y corona de piña. **Metodología.** El secado se realizó con dos tratamientos y cinco repeticiones, la humedad de los residuos fue determinada a 105 °C por 5 h; el análisis estadístico se realizó con una varianza para la humedad complementado con la prueba de contraste múltiple de Tukey ($P=0,05$) y el coeficiente de determinación ($P=0,05$) en la comparación de la pérdida de peso durante el secado. **Resultados.** La corona de piña tuvo mayor humedad (88,120%) que la cáscara de tuna (82,900%) y se diferenciaron entre sí al inicio del proceso de secado. **Conclusión.** La comparación del secado de cáscara de tuna y corona de piña permitió determinar que los trozos de corona de piña secan más rápido (18,5 h) que los trozos de cáscara de tuna (22,5 h) a 60 °C en estufa.

Palabras clave: Cáscara de tuna, corona de piña, residuo y secado.

COMPARISON OF THE DRYING PROCESS OF TUNA SKIN AND PINEAPPLE CROWN RESIDUES

ABSTRACT

Objective. Compare the drying process of the tuna shell and pineapple crown waste. **Methodology.** The drying was carried out with two treatments and five repetitions, the humidity of the residues was determined at 105 °C by 5 h; the statistical analysis was performed with a moisture variance analysis complemented with the Tukey multiple contrast test ($P = 0.05$) and the coefficient of determination ($P = 0.05$) in the comparison of weight loss during drying. **Results.** The pineapple crown had higher humidity (88,120%) than the prickly peel (82,900%) and differentiated from each other at the beginning of the drying process. **Conclusion.** Comparison of the drying of prickly pear and pineapple peel allowed to determine that the pineapple crown pieces dry faster (18.5 h) than the prickly peel pieces (22.5 h) at 60 °C in stove.

Keywords: Prickly pear peel, pineapple crown, residue and dried.

¹ Docente contratado de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua - Perú

^a Doctor en Ciencias Ambientales. Correo: efrennn@hotmail.com

² Docente ordinario principal, Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua – Perú

^b Doctora, investigadora del Instituto de Investigación UJCM. Correo: doramh67@hotmail.com

³ Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), Moquegua – Perú

^c Ingeniero Químico.

⁴ Tesista Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua – Perú

^d Bachiller en Ingeniería Ambiental.

⁵ Tesista Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua – Perú

^d Bachiller en Ingeniería Ambiental.

INTRODUCCIÓN

El ser humano, en su afán de obtener riqueza, viene contaminando en gran proporción el aire, el agua, el suelo, los alimentos, la diversidad biológica y otros. Los alimentos provienen, por lo general, de la zona agrícola, y atraviesan diferentes etapas desde la siembra, fertilización, brotamiento hasta la maduración y cosecha del producto, entre estos alimentos tenemos a las frutas (uva, pera, tuna, piña, etcétera); muchas de ellas, al aprovecharlas y/o consumirlas producen residuos como las cáscaras o la parte no comestible, las cuales son eliminadas al medioambiente generando contaminación.

La tuna, (*Opuntia* sp.) es una fruta posiblemente originaria de las Islas Canarias y de México; este fruto presenta tres variedades: roja, verde y amarilla⁽¹⁾.

Otra de las especies de *Opuntia* es el nopal, que es un vegetal nativo de América, y forma parte de la familia de las cactáceas presentes a lo largo del continente. El nopal es considerado una planta muy importante debido a que crece en todo el mundo en zonas áridas y semiáridas, por lo que demuestra características adaptativas en su morfología, anatomía y fisiología, que puede sobrevivir, desarrollarse y reproducir en condiciones extremas de bajas precipitaciones⁽²⁾.

La tuna es una planta arbustiva, con pencas y frutos de color rojo, naranja y amarillo, de la cual se aprovecha su parte carnosa interna que es comestible y queda un residuo llamado cáscara de tuna.

Esta cactácea se caracteriza por tener un alto porcentaje de humedad (95%), que sostiene su utilidad de vida de 1 a 2 días en temperatura ambiente o de 7 días a 5 °C. Por tal razón, se pretende encontrar alternativas con diseños de prototipos para realizar el deshidratado (secadores solares) que inciten a elevar la vida de andén del producto, a bajo costo⁽²⁾.

La tuna es cultivada en las zonas altoandinas como el distrito de San Cristóbal de la región Moquegua; esta fruta es comercializada en las principales ciudades de Puno, Tacna y Moquegua, generándose una ingente cantidad de su cáscara, el cual constituye un residuo orgánico que no es aprovechado hasta la actualidad. Otro residuo orgánico utilizado en el presente estudio es la piña (*Ananas comosus* L. Merr) Cv «golden», que es una fruta tropical con características nutricionales

y propiedades sensoriales atractivas, fuente de vitaminas, B y C, y minerales, tales como calcio, fósforo, magnesio, potasio y hierro⁽³⁾.

Durante el aprovechamiento de la piña se eliminan la corona y restos de cáscara, estos son vertidos al medioambiente. Cuando la industria está ligada, el aprovechamiento de los residuos proporciona una opción más para la venta en el mercado nacional, aumentando la reproducción de valor agregado a la fruta; con ello, se propone crear una nueva línea de productos que mantengan un apropiado dominio comercial por medio del aprovechamiento integral de la fruta para los productores⁽⁴⁾.

En este estudio se pretende comparar el secado de los residuos orgánicos de la tuna y la piña; entonces el proceso de secado cobra importancia, por el cual la humedad es eliminada de un producto como resultado de la transferencia simultánea de calor y masa⁽⁵⁾. En este contexto, el procesamiento de secado es mucho más rápido mientras la temperatura es mayor, sin embargo, se debe tener en cuenta que todo material orgánico presenta sensibilidad a altas temperaturas, sobre todo en sus propiedades organolépticas y en su valor nutricional⁽⁶⁾. De otro lado, muchos estudios indican que sí es posible secar residuos orgánicos a temperatura constante mediante el uso de equipos, por tal motivo es que se realiza la investigación de comparar el proceso de secado de la cáscara de tuna y la corona de piña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de muestras y métodos empleados

Las muestras de cáscara de tuna se obtuvieron de los mercados locales del distrito de San Cristóbal, provincia Mariscal Nieto; en tanto que la corona de piña Cv. «golden» se recolectó de la feria Santa Fortunata de la ciudad de Moquegua.

Determinación de humedad

Se cortaron trozos de 2x2 cm de cáscara de tuna y corona de piña, se puso en placas Petri, luego se llevó a estufa a 105 °C durante cinco horas hasta obtener peso constante, luego se determinó la humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100$$

Donde:

- W1 = peso (g) de la muestra antes de secar
- W2 = peso (g) de la muestra después de secar

La comparación de la humedad de la cáscara de tuna y corona de piña se determinó mediante un análisis de varianza y una prueba de contraste múltiple de Tukey ($P=0,05$) con el programa estadístico SPSS V 18.

Curvas de secado

Las muestras de cáscara de tuna y corona de piña fueron trozadas (2x2 cm) y se llevaron a estufa a 60 °C hasta peso constante, durante el secado se pesaron en intervalo de tiempo. El análisis estadístico se realizó con el coeficiente de determinación ($P=0,05$) mediante el programa estadístico Sigma Plop V 12.

RESULTADOS**Humedad de la cáscara de tuna y corona de piña**

En la Tabla 1 se muestra el análisis de la varianza de humedad: cáscara de tuna y corona de piña al inicio del proceso de secado, la cual reporta que existe una elevada diferencia significativa entre ambos residuos a un 99 % de confianza y con un coeficiente de variabilidad de 0,199 %.

Tabla 1. Análisis de la varianza de humedad: cáscara de tuna y corona de piña

F.V.	S.C.	GL	C.M.	F	p-val
Muestras	40,87	1	40,87	1411,8	0,0001
Repeticiones	0,116	4	0,029		
Total	40,988	5			

CV=0,199 %

La Tabla 2 muestra la prueba de rango múltiple de Tukey ($P=0,05$): humedad (%) de la cáscara de tuna y de la corona de piña, se indica que la corona tuvo

mayor humedad (88,120 %) que la cáscara de tuna (82,900 %) y se diferenciaron entre sí al inicio del proceso de secado.

Tabla 2. Prueba de rango múltiple de Tukey ($P=0,05$) humedad (%) de la cáscara de piña y corona de piña

N.º	Muestra	Promedio (%)	Significancia
1	Corona de piña	88,120	a
2	Cáscara de Tuna	82,900	b

Secado de cáscara de tuna y corona de piña

Figura 1. Proceso de cortado de cáscara de tuna para el proceso de secado.



Figura 2. Trozado de corona de piña para el proceso de secado.

La Figura 3 presenta el tiempo promedio (min) de cinco repeticiones de secado en estufa a 60 °C vs la pérdida de peso en el procesamiento de secado de

la cáscara de tuna (trozos de 2x2 cm) el cual fue de 1350 min (22,5 h).

El análisis estadístico permitió determinar el coeficiente de determinación para el proceso de secado de la cáscara de tuna a 60 °C en estufa, durante el proceso de secado, el cual fue de $R^2=0,9226$; el coeficiente ajustado $R^2_{ajustado}=0,9190$ y el modelo matemático que más se ajustó fue una ecuación polinomial cúbica:

$$Y_{\text{(Pérdida de peso, g)}} = 28,6656 - 0,1076X + 0,0001X^2 - 0,00000006159X^3$$

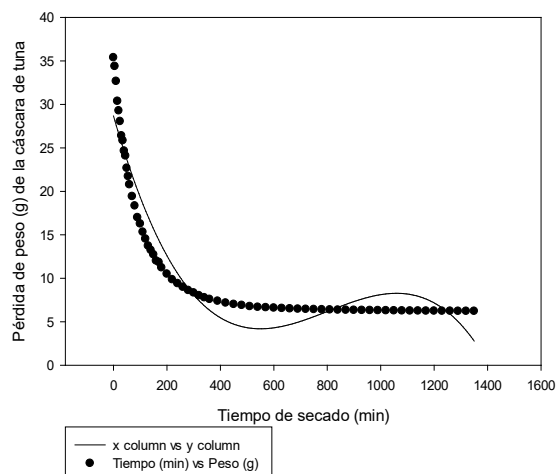


Figura 3. Tiempo promedio (min) de cinco repeticiones de secado en estufa a 60 °C vs pérdida de peso durante el secado de la cáscara de tuna (trozos de 2x2 cm)

En la Figura 4 se presenta el tiempo promedio (min) de cinco repeticiones de secado en estufa a 60 °C vs la pérdida de peso en el proceso de secado de la corona de piña (trozos de 2x2 cm), el cual fue de 1110 min (18,5 h).

El análisis estadístico permitió determinar el coeficiente de determinación para el proceso de secado de la corona de piña a 60 °C en estufa, durante el proceso de secado, el cual fue de $R^2=0,9246$; el coeficiente ajustado $R^2_{ajustado}=0,9205$ y el modelo matemático que más se ajustó fue una ecuación polinomial cúbica:

$$Y_{\text{(Pérdida de peso, g)}} = 7,3616 - 0,0362X + 0,00006075X^2 - 0,00000003058X^3$$

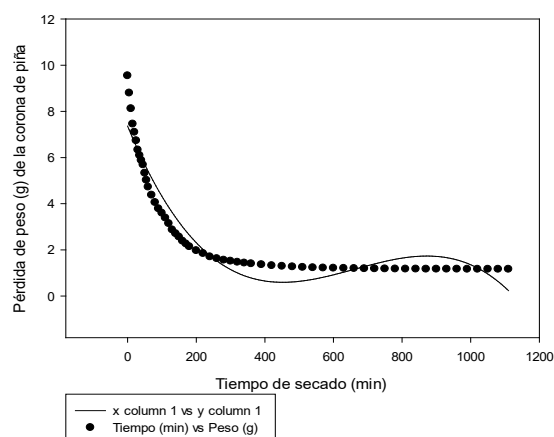


Figura 4. Tiempo promedio (min) de cinco procesos de secado en estufa a 60 °C vs pérdida de peso en el proceso de secado de la corona de piña (trozos de 2x2 cm)

DISCUSIÓN

El resultado de la humedad de la cáscara de tuna fue de 82,00% y se asemeja a lo obtenido en un 83,84% en la cáscara de tuna fresca⁽⁷⁾ que es inferior a 88,62% en la cáscara de tuna fresca⁽⁸⁾.

Estas diferencias probablemente se debió a la variedad, por el riego antes de la cosecha y por el estado de conservación.

En el presente estudio se obtuvo una humedad de 88,120% en la corona de piña, este resultado es superior a 86 % de humedad en el rastrojo de piña⁽⁹⁾.

El proceso de secado de la cáscara de tuna se realizó en una estufa a 60 °C durante un tiempo de 1350 min (22,5 h) desde una humedad inicial de 82,90 % hasta peso constante. El tiempo de secado es similar a lo obtenido con una temperatura de secado de 60 °C con un tiempo de 24 h para adquirir harina de cáscara de tuna y piña⁽¹⁰⁾; del mismo modo, utilizaron temperatura de secado durante 24 h para el secado de la cáscara de tuna y su posterior obtención de harina⁽¹¹⁾; otros investigadores utilizaron temperaturas de 70 °C en un tiempo de 48 h para el secado de la cáscara de tuna (2 cm de corte) y obtención de harina de tuna, ambos parámetros fueron superiores a lo reportado en este trabajo de investigación.

El proceso de secado de la corona de piña se realizó en una estufa a 60 °C durante 1110 min (18,5 h) desde una humedad inicial de 82,90% hasta peso constante, en otra investigación se reportó temperatura de secado similar al trabajo de esta investigación y el tiempo de secado superior que fue de tres días al secar trozos de 5 cm de largo de la hoja de piña⁽¹²⁾.

CONCLUSIONES

La comparación del secado de cáscara de tuna y corona de piña permitió determinar que los trozos de corona de piña secan más rápido (18,5 h) que los trozos de cáscara de tuna (22,5 h) a 60 °C en estufa. La humedad inicial de la cáscara de piña fue de 88,120% superior a lo que obtuvo la cáscara de tuna que fue de 82,900% a un 99% de confianza.

Recomendaciones

Evaluar el proceso de secado de los residuos orgánicos en secadores solares.

Fuente de financiamiento

El presente artículo se genera en el marco del financiamiento otorgado por FONDECYT según Contrato 005-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE, y la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la publicación del presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jorge P, Troncoso L. Capacidad antioxidante del fruto de la *Opuntia*. 2016; Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v77n2/a02v77n2.pdf>
2. Torres J, Hernandez O, Arce G, Vizuet J. 2016; Disponible en: http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Energia_Quimica_y_Fisica/vol3num6/Revista_Energia_Quimica_Fisica_V3_N6_6.pdf
3. Rodríguez O, Gomes W, Rodríguez S, Fernández F. Effect of acoustically assisted on vitamins, antioxidant activity, organic acids and drying kinetics of pineapple. *Ultrason Sonoch*. 2016; 35(Part A): 92-102.
4. Mena PG, Quiroz R. Obtención de pulpa de Tuna (*Opuntia ficus*) a partir de dos variedades (amarilla y blanca) con incorporación de su cáscara y posterior aprovechamiento de sus residuos. 2011; Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2128/1/03%20EIA%20315TESIS%20PULPA%20DE%20TUNA.pdf>
5. Sontakke MS, Salve SP. Solar Drying Technologies: A review. *Internat Refer Jour of Engin and Scien (IRJES)*. 2015; 4(4): 29-35. Disponible en: <http://www.irjes.com/Papers/vol4-issue4/E442935.pdf>
6. Castillo W, Manayay D, Domínguez J, Palacios A, Quezada S, Gonzales J. Evaluación del proceso de secado por aire caliente de manzana (*Pyrus malus*) variedad San Antonio. *Ing: Cien Tec e innov*. 2014; 1(2): 1-4.
7. Cerezal P, Duarte, G. Algunas características de tunas (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) cosechadas en el altiplano andino de la 2da Región de Chile. *Jour. of the Prof Assoc for Cac Devel*. 2005; 7(August): 34-60.
8. Terán Y, Navas D, Petit D, Garrido E, D'aubeterre R. Análisis de las características físico-químicas del fruto de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela. *Rev. Iber. Tecn Postcos*. 2015; 16(1): 69-74. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864010%0ACómo>
9. Córdoba PM, Molina C M. Determinación del efecto de la concentración de la celulosa, celobiasa y de NaOH en la Hidrólisis para la producción de etanol a partir del rastrojo de la piña. *Ing*. 2014; 24(2): 35-51.

- Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/ring.v24i2.11767>
10. Díaz VJ, Totosaus A, Perez ChM. Efecto de harina de cáscaras de tuna y piña sobre las características fisicoquímicas y texturales de salchichas cocidas inoculadas con bacterias ácido lácticas. *Inv y Des en Cien y Tec de Alimen.* 2016; 1(1): 851–856.
 11. Ocampo OR, Delgado SE, Gutiérrez PJ. Harina de cáscara de tuna como fuente de fibra y su efecto sobre las características físico - químicas y sensoriales de salchichas bajas en sodio y grasa. *Nacameh.* 2015; 9(2): 54-65.
 12. Sibaly S, Jeetah P. Production of paper from pineapple leaves. *Jour of Envir Chem Engin.* 2017; 5(6): 5978–5986. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.11.026>

Correspondencia

Efrén Eugenio Chaparro Montoya

Universidad José Carlos Mariátegui, Ciudad Universitaria - C.P. San Antonio S/N, Moquegua 18001 – Perú

efrenn@hotmail.com