



<http://opn.to/a/34gZf>

ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

Combined dehydration of the pineapple for conservation

Deshidratación combinada de la piña para su conservación

MSc. Damisela Acea-del Sol^{*}, Dr.C. Angel Lazaro Sanchez-Iznaga^{II}

^I Universidad de Cienfuegos, Facultad de Ciencias Agrarias, Cienfuegos, Cuba.

^{II} Universidad Metropolitana de Ecuador (UMET). Quito, Ecuador.

ABSTRACT. The objective of this work is to determine the influence of several osmotic solutions obtained through the process of combined dehydration of pineapple for its conservation, for which a methodology was developed from an experimental analysis and an evaluation of experts that made it possible to determine that The solution of Sucrose Syrup BD of all osmotic solutions (SO) better guaranteed the organoleptic properties of the fruit. Statistical analysis determined that of the three SOs that contributed most solute gains were Sucrose Syrup BD (66%), Honey B (64%) and Honey B reduced (63%) respectively, as well as the greatest weight loss for fruit slices it was from Honey C reduced (78%), Honey B and Honey A reduced by 76%. Finally, by means of a multiple linear regression analysis, it was possible to evaluate the influence of the variables (°Brix,% of Water, Temperature) of the Sacarosa BD Syrup on the weight of the fruit and obtain the model $Weight_FruitBD = -793,779 + 13,5751 \cdot ^\circ Brix - 11,4982 \cdot \% of Water + 10,6665 \cdot Temperature$ for a value of R^2 of 0.75, indicating the correct fit of the model for the conditions evaluated in the study.

Keywords: Pineapple, combined dehydration, osmotic solutions, multiple linear regression, model.

RESUMEN. En el presente estudio se evaluó la influencia de varias soluciones osmóticas en el proceso de deshidratación combinada de la piña para su conservación. Se elaboró una metodología a partir de un análisis experimental y una evaluación de expertos que posibilitó determinar que la solución de Jarabe de Sacarosa BD de todas las soluciones osmóticas (SO) garantizaba en mejor medida las propiedades organolépticas de la fruta. El análisis estadístico determinó que de los tres SO que más ganancias de solutos aportaron fueron el Jarabe de Sacarosa BD (66%), Miel B (64%) y la Miel B rebajada (63%) respectivamente, así como la mayor pérdida de peso para las rodajas de frutas fue a partir de la Miel C rebajada (78%), la Miel B y Miel A rebajada con un 76%. Finalmente mediante un análisis de regresión lineal múltiple fue posible evaluar la influencia de las variables (°Brix,% de Agua, Temperatura) del Jarabe de Sacarosa BD en el peso de la fruta y obtener el modelo $Peso_FrutaBD = -793,779 + 13,5751 \cdot ^\circ Brix - 11,4982 \cdot \% de Agua + 10,6665 \cdot Temperatura$. El valor de temperatura en la ecuación es para un valor de R^2 de 0,75, lo que indica el ajuste correcto del modelo para las condiciones evaluadas en el estudio.

Palabras clave: Piña, deshidratación combinada, soluciones osmóticas, regresión lineal múltiple, modelo.

INTRODUCTION

Worldwide, part of the food produced by man for consumption is lost or wasted every year (Franco, 2016). In this sense, it has been calculated that in Europe and North America the losses have reached values of 95 to 115 kg.year⁻⁴, and it has been identified that the causes of such losses and waste in middle-income and high-income countries are due to consumer behavior and poor coordination among supply chain

INTRODUCCIÓN

A nivel global, anualmente parte de los alimentos producidos por el hombre para su consumo se pierden o desperdician (Franco, 2016). En este sentido, se ha calculado que en Europa y América del Norte las pérdidas han alcanzado valores de 95 a 115 kg.año⁻⁴, y se ha identificado que las causas de dichas pérdidas y desperdicio en países de medianos y altos ingresos económicos se debe a la conducta del consumidor y la mala

*Author for correspondence: Ernesto Ramos Carbajal, e-mail: erc670819@gmail.com.

Recibido: 14/07/2019.

Aprobado: 13/03/2020.

actors (González, 2015). Other studies have shown that many foods, with good conditions to be consumed by people, have had losses and waste that have reached figures close to 1,300 tons per year (González, 2018).

Fruits are one of the products that are part of the extensive list of those who have suffered losses and waste. They constitute an essential food group for our health and well-being, especially for their contribution of fiber, vitamins, minerals and substances with antioxidant action (vitamin C, vitamin E, β -carotene, lycopene, lutein, flavonoids, anthocyanin, etc.) (Rodríguez & Sánchez, 2017). They are considered the most perishable food, and the losses can be caused by various reasons, among which the post-harvest stage stands out, whose losses can reach values between 20 and 40% of total production in tropical and subtropical regions. This is due to the weather conditions that accelerate the ripening processes, causing the early deterioration of a large number of fruit varieties (Alcívar, 2016).

In this sense, the development of new products based on dehydrated fruit, of high quality, with a reasonable shelf life and attractive to the consumer, would be interesting to expand and diversify its availability in the market. Cuba is also affected by this problem and loses approximately 57% of its fruits every year. Harvest and post-harvest losses are around 30% of total production, and losses in the food distribution phase to domestic markets and cities reach 27% (Rodríguez, 2013).

In order to reduce the aforementioned losses, dehydration has been used as one of the technologies that allows preserving highly perishable foods, especially fruits, including pineapple (Ahmed *et al.*, 2016; Alvis *et al.*, 2016; Estrada *et al.*, 2018).

Pineapple is part of the bromeliad family. The main cultivated types belong to the genus *Ananas*, which groups several species, including *Ananas comosus*, which is exploited for commercial purposes.

The first ten exporting countries of fresh pineapple, in tons, are: Costa Rica, the Philippines, Panama, Ecuador, Honduras, Mexico, the Ivory Coast, Ghana, Guatemala and Malaysia (Morales, 2018).

In Cuba, the production of pineapple (*Ananas comosus*) presents a growth trend, with Ciego de Ávila standing out as the main producer of this fruit (Morales, 2018). Its high demand in the market and its short duration have led to the search for alternatives to solve this problem. The correct conservation of the fruit is presented as a suitable trend for emerging economies and in particular for Cuba where economic development, social growth and environmental protection are some of the fundamental axes to achieve the long-awaited sustainable development.

Despite the studies carried out on this crop by García *et al.* (2013; 2015; 2018); Ahmed *et al.* (2016); Alvis *et al.* (2016); Soares *et al.* (2016); Estrada *et al.* (2018), it is required to study osmotic solutions obtained through the combined dehydration process of pineapple for its conservation, and determine which is the Sucrose Syrup solution of osmotic solutions (SO) that best guarantees the organoleptic properties of this fruit.

In this sense, the present work was carried out with the aim of determining the influence of various osmotic solutions ob-

coordinación entre los actores de la cadena de suministro (González, 2015). Otros estudios han demostrado que muchos alimentos, con buenas condiciones para ser consumidos por las personas, han tenido pérdidas y desperdicios que han alcanzado cifras cercanas a las 1.300 toneladas anuales (González, 2018).

Las frutas son uno de los productos que forma parte de la extensa lista de los que han sufrido pérdidas y desperdicios. Ellas constituyen un grupo de alimentos indispensable para nuestra salud y bienestar, especialmente por su aporte de fibra, vitaminas, minerales y sustancias de acción antioxidante (vitamina C, vitamina E, β -caroteno, licopeno, luteína, flavonoides, antocianinas, etc.) (Rodríguez & Sánchez, 2017). Las mismas son consideradas como los alimentos más perecederos, y las pérdidas pueden ser causadas por razones diversas, entre las que se destaca la etapa de poscosecha, cuyas pérdidas pueden alcanzar valores entre el 20 y 40% de la producción total en las regiones tropicales y subtropicales. Lo anterior se debe a las condiciones climatológicas que aceleran los procesos de maduración, provocando el deterioro temprano de una gran cantidad de variedades de frutas (Alcívar, 2016).

En este sentido, el desarrollo de nuevos productos a base de fruta deshidratada, de alta calidad, con una vida útil razonable y atractivos para el consumidor, resultaría interesante para ampliar y diversificar su disponibilidad en el mercado. Cuba no está ajena a esta problemática perdiéndose aproximadamente al año el 57% de las frutas. Las pérdidas de cosecha y poscosecha se sitúan alrededor del 30% de la producción total, y las pérdidas en la fase de distribución de alimentos a los mercados interiores y a las ciudades alcanzan el 27% (Rodríguez, 2013).

Con el fin de reducir las pérdidas antes señaladas, se ha empleado la deshidratación como una de las tecnologías que permite preservar alimentos altamente perecederos, especialmente frutas, entre las que se incluye la piña (Ahmed *et al.*, 2016; Alvis *et al.*, 2016; Estrada *et al.*, 2018).

La piña forma parte de la familia de las bromelias. Los principales tipos cultivados pertenecen al género *Ananas* el que agrupa varias especies, entre ellas, la *Ananas comosus*, la cual se explota con fines comerciales.

Los primeros diez países exportadores de piña fresca, en toneladas, son: Costa Rica, Filipinas, Panamá, Ecuador, Honduras, México, Costa de Marfil, Ghana, Guatemala y Malasia (Morales, 2018).

En Cuba, la producción de piña (*Ananas comosus*) presenta una tendencia al crecimiento destacándose Ciego de Ávila como principal productor de esta fruta (Morales, 2018). Su alta demanda en el mercado y corto periodo de duración ha llevado a buscar alternativas que permitan darle solución a esta problemática. La correcta conservación de la fruta se presenta como una tendencia adecuada para las economías emergentes y en particular para nuestro país donde el desarrollo económico, crecimiento social y protección ambiental son unos de los ejes fundamentales para alcanzar el tan anhelado desarrollo sostenible.

A pesar de los estudios realizados sobre este cultivo García *et al.* (2013; 2015; 2018); Ahmed *et al.* (2016); Alvis *et al.* (2016); Soares *et al.* (2016); Estrada *et al.* (2018), se requiere estudiar soluciones osmóticas obtenidas mediante el proceso de deshidratación combinada de la piña para su conservación, y determinar cuál es la solución de Jarabe de Sacarosa de las soluciones osmóticas (SO) que garantiza en mejor medida las propiedades organolépticas de esta fruta.

En este sentido, se realizó el presente trabajo con el objetivo de determinar la influencia que tienen varias soluciones

tained through the combined dehydration process of pineapple for its conservation.

METHODS

For the combined dehydration of pineapple, a methodology was developed, which is shown in the heuristic diagram of Figure 1. It begins with the realization of an experimental design where the variables to be controlled are selected in the experiments to be carried out, as well as the selection of the most suitable design that fits the objective of the study. The developed methodology incorporates an analysis by means of expert criteria, which will allow the final decision to be made as to which of the osmotic solutions maintains the best organoleptic properties of the fruit.

osmóticas obtenidas mediante el proceso de deshidratación combinada de la piña para su conservación.

MÉTODOS

Para la deshidratación combinada de la piña se desarrolló una metodología, la cual se muestra en el diagrama heurístico de la Figura 1. El mismo comienza con la realización de un diseño de experimentos donde se seleccionan de las variables a controlar en los experimentos a realizar, así como la selección del diseño más adecuado que se ajuste al objetivo del estudio. La metodología desarrollada incorpora un análisis mediante el criterio de expertos, que permitirá tomar la decisión final de cuál de las soluciones osmóticas mantiene mejores propiedades organolépticas a la fruta.

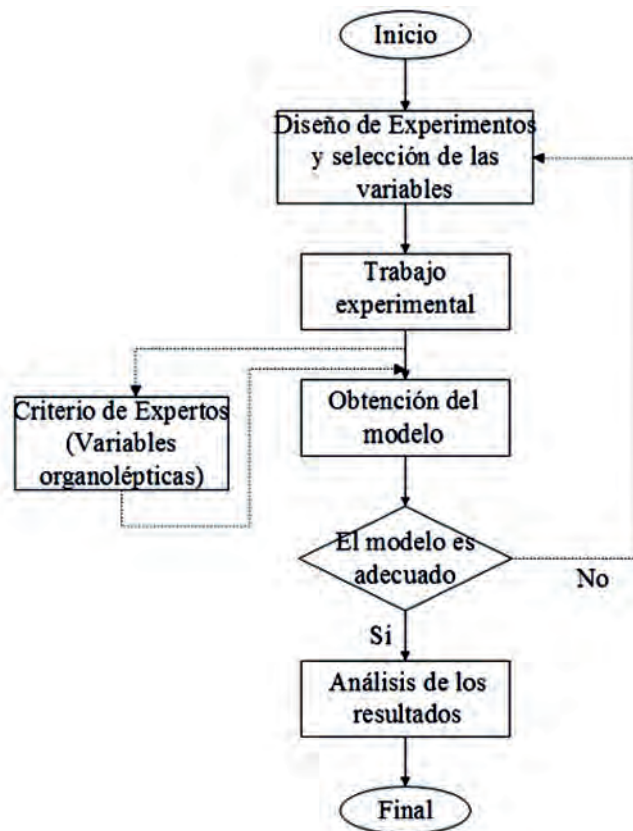


FIGURE 1. Heuristic Diagram. (Source: Self-Made).
 FIGURA 1. Esquema de heurístico. Fuente: Elaboración Propia.

Experiment Design

Due to the characteristics of the data, a single categorical factor design was chosen. It was of the fixed effects model type. This model is the simplest in the design of experiments, in which the response variable may depend on the influence of a single factor, so that the rest of the causes of variation are included in the experimental error. Where:

- Factor: Osmotic solution (SO).
- Factor levels: 9 SO.

Osmotic solutions:
 MA: Honey Bee

Diseño de Experimentos

Por las características que presentan los datos se escogió un diseño de un solo factor categórico, del tipo modelo de efectos fijos. Este modelo es el más sencillo del diseño de experimentos, en el cual la variable respuesta puede depender de la influencia de un único factor, de forma que el resto de las causas de variación se engloban en el error experimental. Donde el:

- Factor: Solución osmótica (SO).
- Niveles del factor: 9 SO.

Soluciones osmóticas:
 MA: Miel de Abeja

Honey A: Honey A from sugar cane
 Honey A_R: Honey A from lowered sugar cane
 Honey B: Honey B from sugar cane
 Honey B_R: Honey B from lowered sugar cane
 Honey C: Honey C from sugar cane
 Honey C_R: Honey C from lowered sugar cane
 JS_ABD: Sucrose Syrup (Direct White Sugar)
 JS_AC: Sucrose Syrup (Raw Sugar)

- Selection of variables

Response variables

P_f : Fruit weight after the process (g)
 $^{\circ}B_{yf}$: Brix of the fruit after the process ($^{\circ}Bx$)
 T_f : Fruit temperature after the process ($^{\circ}C$)

Experimental Work

The experimental work⁷ for the combined dehydration process comprises several stages as shown in the following flow diagram (Figure 2). From the reception of the fruit to the solar drying stage as a complement to the process.

Miel A: Miel A de la caña de azúcar
 Miel A_R: Miel A de la caña de azúcar rebajada
 Miel B: Miel B de la caña de azúcar
 Miel B_R: Miel B de la caña de azúcar rebajada
 Miel C: Miel C de la caña de azúcar
 Miel C_R: Miel C de la caña de azúcar rebajada
 JS_ABD: Jarabe de Sacarosa (Azúcar Blanco Directo)
 JS_AC: Jarabe de Sacarosa (Azúcar Crudo)

- Selección de las variables

Variables de respuesta

P_f : Peso de la fruta luego de realizado el proceso (g)
 $^{\circ}B_{yf}$: Brix de la fruta luego de realizado el proceso ($^{\circ}Bx$)
 T_f : Temperatura de la fruta luego de realizado el proceso ($^{\circ}C$)

Trabajo Experimental

El trabajo experimental para el proceso de deshidratación combinada comprende varias etapas como se muestra en el siguiente diagrama de flujo (Figura 2). Desde la recepción de la fruta hasta la etapa de secado solar como complemento del proceso.

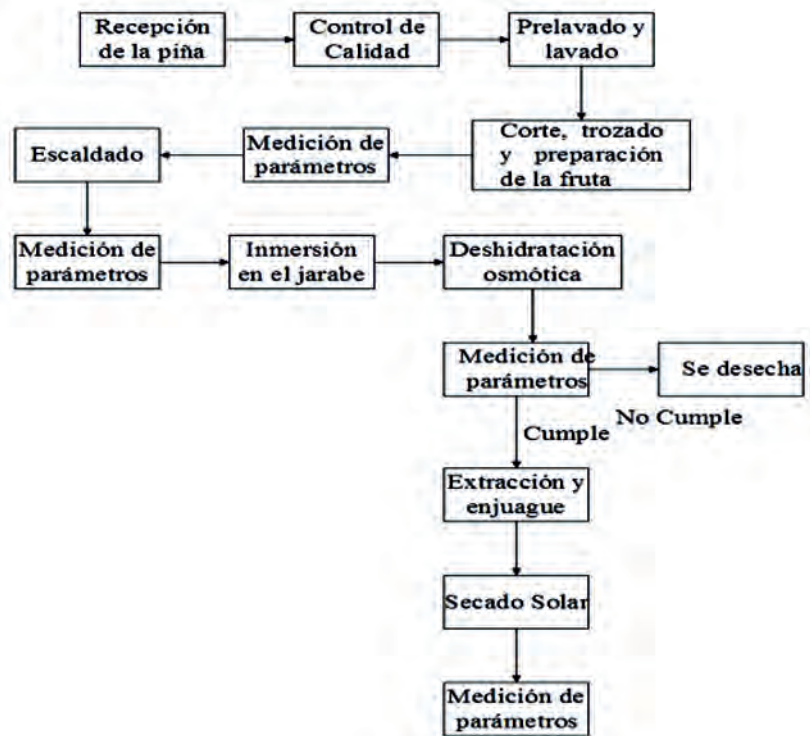


FIGURE 2. Flow diagram. (Source: Self-Made).
 FIGURA 2. Diagrama de flujo. Fuente: Elaboración Propia.

Description of the Experimental Work

- Pineapple reception:
- The fruit can be acquired through shopping centers that are dedicated to the commercialization of pineapple or any other point of sale. It must be transported in the shortest possible time to the place where the process will take place and kept in a suitable environment.
- The fruit must be in perfect condition and at the right ripening point. The fruit cannot have bumps or dark areas as they

Descripción del trabajo experimental

- Recepción de la piña:
- La fruta puede ser adquirida a través de centros comerciales que se dedican a la comercialización de la piña o cualquier otro punto de venta. Debe ser transportada en el menor tiempo posible al lugar donde se va a desarrollar el proceso y mantenerla en un ambiente adecuado.
- Control de calidad:
- La fruta tiene que estar en perfectas condiciones y que se encuentre en el punto adecuado de maduración. La fruta no

will be enhanced with the dehydration process, in general the fruit to be used must be ripe, but consistent.

- Prewash and wash:
- Once the fruit has been selected, it has to be subjected to a thorough washing, which ensures that at the time of peeling, the fruit will be very little contaminated with external pathogens or deterioration agents.
- Cutting, chopping and preparing the fruit:
- Once the fruit is well washed, the cutting, chopping and preparation process begins to advance with the dehydration process. Here the final destination of the product is taken into account, in order to give it the appropriate shape.
- Measurement of parameters:
- The following parameters, °Brix, temperature and weight, must be controlled for each of the slices.
- Blanching:
- To carry out the blanching, the fruit should be immersed in an aluminum container with water at a temperature that should range between 60 °C and 80 °C, for a short period of 3 to 4 min.
- Measurement of parameters:
- Each of the parameters previously controlled is rechecked.
- Immersion in the syrup:
- Each of the slices must be immersed in the corresponding osmotic solution, taking care that it is completely covered.
- Osmotic dehydration:
- Dehydration should be carried out in a period of approximately 8 to 10 hours at room temperature, controlling the °Brix, the percentage of water and the temperature of the osmotic solution from time to time. The solution should be kept with a slight agitation to ensure that the solution in contact with the fruit has as much sugar as possible since, if not stirred, the process will be slower. Furthermore, the organoleptic properties (odor, flavor, color and texture) are controlled.
- Measurement of parameters:
- After dehydration is complete, the °Brix, weight and temperature of the fruit must be measured again.
- Extraction and draining:
- The pineapple slices must be extracted with the greatest possible care so as not to damage the product and must be drained to remove any syrup residues that the slices may contain on the surface.
- Solar drying:
- Osmotically dehydrated fruits still contain humidity levels of 20% to 30%, so complementary drying processes can be applied to extend the shelf life of the product for a longer time.
- Measurement of parameters:
- After drying is complete, the organoleptic properties (odor, taste, color and texture) are controlled and the °Brix, temperature and weight must be measured.

Expert Criteria

The expert criteria was applied in order to evaluate the relevance and feasibility of the organoleptic properties of the osmotically dehydrated pineapple slices in different osmotic

puede tener golpes ni zonas oscuras ya que se potenciarán con el proceso de deshidratación, en general la fruta a utilizar debe estar madura, pero consistente.

- Prelavado y lavado:
- Una vez ya seleccionada la fruta tiene que ser sometida a un lavado exhaustivo, que asegure que en el momento del pelado la fruta será muy poco contaminada con agentes patógenos o de deterioro externos.
- Corte, trozado y preparación de la fruta:
- Una vez la fruta bien lavada, se inicia el proceso de corte, trozado y preparación para avanzar con el proceso de deshidratación. Aquí se tiene en cuenta el destino final que va a tener el producto, para sí darle la forma adecuada.
- Medición de parámetros:
- Se le debe controlar a cada una de las rodajas los siguientes parámetros los °Brix, la Temperatura y el Peso.
- Escaldado:
- Para la realización del escaldado se debe sumergir la fruta en un recipiente de aluminio con agua a una temperatura que debe oscilar entre 60°C y 80°C, durante un periodo corto de 3 a 4 min.
- Medición de parámetros:
- Se vuelve a controlar cada uno de los parámetros ya controlados anteriormente.
- Inmersión en el jarabe:
- Cada una de las rodajas debe ser sumergida en la solución osmótica correspondiente, cuidando que quede completamente cubierta.
- Deshidratación osmótica:
- La deshidratación se debe efectuar en un periodo aproximadamente de 8 a 10 horas a temperatura ambiente, controlándose los °Brix, el porcentaje de Agua y la temperatura de la solución osmótica cada cierto tiempo. Se debe mantener la solución con una leve agitación a fin de asegurar que la solución en contacto con la fruta tiene la mayor cantidad posible de azúcar ya que, de no agitarse, el proceso será más lento. Además, se controlan las propiedades organolépticas (olor, sabor, color y textura).
- Medición de parámetros:
- Después de finalizada la deshidratación se debe volver a medir los °Brix, el Peso y la Temperatura de la fruta.
- Extracción y escurrido:
- Las rodajas de piña se deben extraer con el mayor cuidado posible para no dañar el producto y se deben escurrir para quitar los restos de jarabe que pueda contener las rodajas en la superficie.
- Secado solar:
- Las frutas deshidratadas osmóticamente aún contienen niveles de humedad de un 20% a 30%, por lo que se puede aplicar procesos de secado complementarios que permitan extender la vida útil del producto por un tiempo mayor.
- Medición de parámetros:
- Después de finalizado el secado se controlan las propiedades organolépticas (olor, sabor, color y textura) y se debe medir los °Brix, la temperatura y el peso.

Criterio de Expertos

El criterio de expertos se aplicó con el fin de evaluar la pertinencia y factibilidad de las propiedades organolépticas de las rodajas de piña osmóticamente deshidratadas en diferentes

solutions after the experimental stage was completed. For this, the experts must be selected to consult and analyze their level of competence.

Obtaining a Mathematical Model from Statistical Data

To obtain the statistical model, the correlation analysis was performed to observe the association between the variables. Pearson’s correlation was used for data with normal distribution, while Spearman’s correlation was used for the variables that did not follow a normal distribution. Then the multiple regression analysis was performed to obtain the model. In general, the variables that influence the final weight of the fruit, once it was dehydrated, are evaluated.

Dependent variable: Fruit weight

Independent variables: °Brix, % of water, temperature.

RESULTS AND DISCUSSION

The behavior of the °Brix for the SO over time can be observed in Figure 3. A stability is observed for all cases after 6 hours of the experiment

soluciones osmóticas después de finalizada la etapa experimental. Para ello se debe de seleccionar los expertos a consultar y analizar su nivel de competencia.

Obtención de un modelo matemático a partir de datos estadísticos

Para la obtención del modelo estadístico se realiza el análisis de correlación, para observar la asociación entre las variables. La correlación de Pearson se emplea para datos con distribución normal, mientras que la correlación de Spearman siempre y cuando las variables no sigan una distribución normal. Luego se realiza el análisis de regresión múltiple para la obtención del modelo. En sentido general se evalúan las variables que influyen en el peso final de la fruta una vez deshidratada.

Variable dependiente: Peso de la Fruta

Variables independientes: °Brix, % de Agua, Temperatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de los °Brix para las SO en el tiempo puede ser observado en la Figura 3. Se observa para todos los casos una estabilidad pasada las 6 horas del experimento.

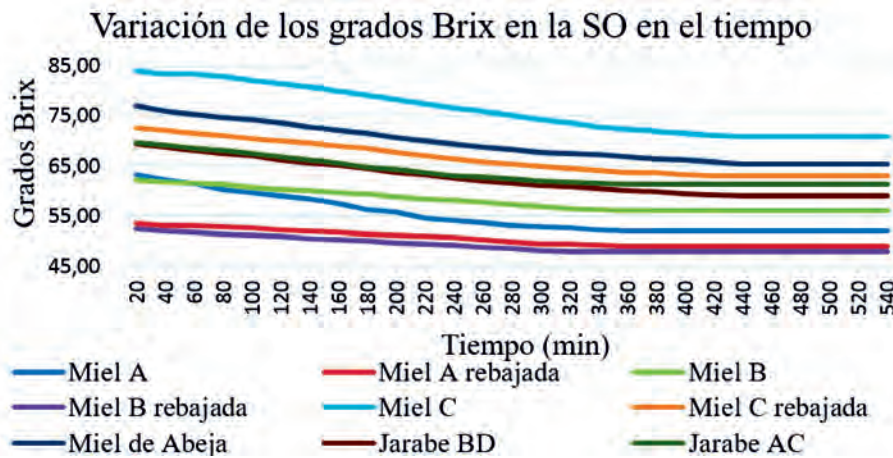


FIGURE 3. Variation of °Brix in the SO over time. Source: Self-Made.
 FIGURA 3. Variación de los °Brix en la SO en el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

According to the relationship between the dehydration time and the °Brix in the case of solutions, those that showed the best performance were Honey C and Bee Honey. These solutions had a time to stability of 7 hours and 7:40 min, respectively, as well as a variation in the °Brix of 13.64 °Bx and 14 °Bx, respectively. Superior results were achieved by (de Mendonça *et al.*, 2016).

A summary for each SO in the time to stability, as well as in the variation of the °Brix is presented in Table 1.

De acuerdo a la relación entre el tiempo de deshidratación, °Brix para el caso de las soluciones aquellas que presentaron un mejor comportamiento fueron la Miel C y la Miel de Abejas. Estas soluciones presentaron un tiempo hasta la estabilidad de 7 horas y 7:40 min respectivamente, así como una variación en los °Brix de 13,64 °Bx y 14 °Bx respectivamente. Resultados superiores fueron alcanzados por (de Mendonça *et al.*, 2016).

Un resumen para cada SO en el tiempo hasta la estabilidad, así como en la variación de los °Brix son presentados en la Tabla 1.

TABLE 1. Time to stability and °Brix for each of the solutions
 TABLA 1. Tiempo hasta la estabilidad y °Brix para cada una de las soluciones

Osmotic solutions	°Brix	Time to stability (h: min)
Honey A	11.33	6
Honey A reduced	4.8	6
Honey B	5.96	6:40

Osmotic solutions	°Brix	Time to stability (h: min)
Honey B downgraded	5.4	5:40
Honey C	13.64	7
Honey B downgraded	12.1	7
Bee Honey	14	7:40
Sucrose Syrup BD	11.2	7:40
Sucrose Syrup AC	8.9	6:40

The analysis of the relationship between the time of dehydration and the percent of water in the SO, as well as the influence of the temperature can be consulted in Figure 4. There, the behavior of percentages of SO water over time is presented, where a stability for a time similar to that of the °Brix of Figure 3 is observed.

El análisis de la relación tiempo de deshidratación por ciento de Agua en las SO, así como en dependencia a la temperatura pueden ser consultados. En la Figura 4, es presentado el comportamiento entre el porcentaje de Agua de la SO en el tiempo, observándose una estabilidad para un tiempo similar que con los °Brix de la Figura 3.

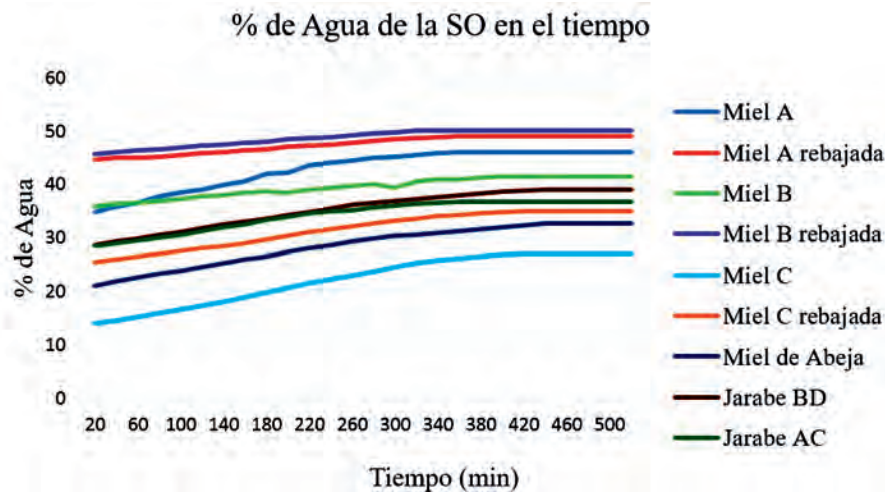


FIGURE 4. Percentage of SO water over time. Source: self-made.
 FIGURA 4. Porcentaje de Agua de la SO en el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Figure 5 presents the fruit solids gains after the drying stage for each of the SO. The three SOs that contributed the most in solids were BD Syrup (66%), Honey B (64%) and Lowered Honey B (63%), respectively.

La Figura 5, presenta una comparación relacionada con las ganancias de sólidos de la fruta luego de la etapa de secado para cada una de las SO. Las tres SO que más ganancias de sólidos aportaron fueron el Jarabe BD (66%), Miel B (64%) y la Miel B rebajada (63%) respectivamente.

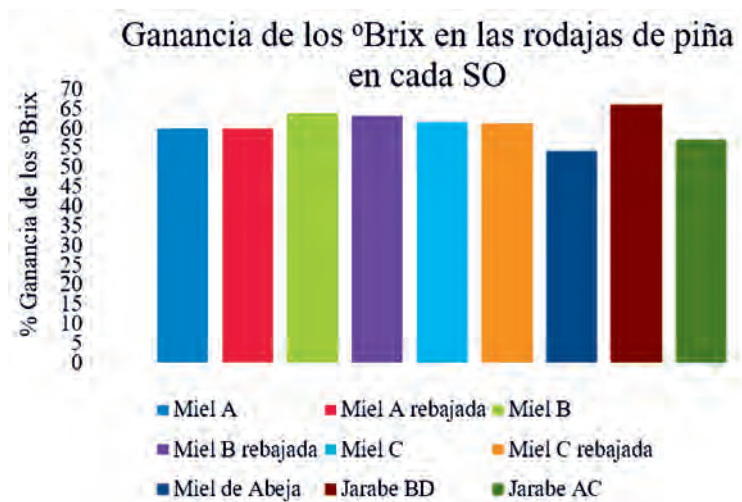


FIGURE 5. Gain of soluble solids from pineapple slices in each SO. Source: self-made.
 FIGURA 5. Ganancia de sólidos solubles de las rodajas de piña en cada SO. Fuente: Elaboración propia.

On the other hand, the greatest weight losses (Figure 6) were from Honey C reduced (78%), Honey B and Honey A reduced with 76%, respectively.

Por otra parte, la mayor pérdida de peso (Figura 6) fue a partir de la Miel C rebajada (78%), la Miel B y Miel A rebajada con un 76% respectivamente.

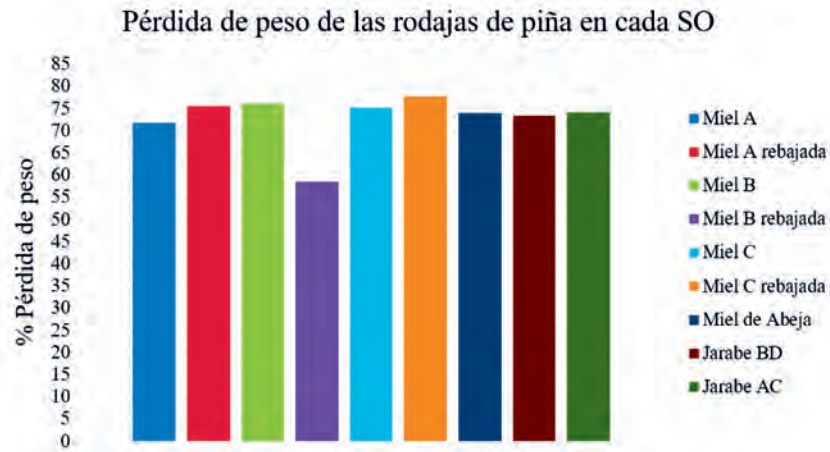


FIGURE 6. Weight loss of the fruit in each SO. Source: self-made.
 FIGURA 6. Pérdida de peso de la fruta en cada SO. Fuente: Elaboración propia.

According to the experts' assessments on the aspects evaluated, 11.1% consider all the organoleptic properties as very adequate, where 88.9% consider these as unsuitable. Only BD Sucrose Syrup of all SO guarantees the best organoleptic properties of the fruit.

La valoración de cada experto sobre los aspectos evaluados coincide que el 11,1% consideran todas las propiedades organolépticas como muy adecuadas donde el 88,9% consideran estas como poco adecuadas. Solamente el Jarabe de Sacarosa BD de todas las SO garantiza en mejor medida las propiedades organolépticas de la fruta.

There is a trend towards agreement among the experts in reference to the Kendall coefficient. Table 2 presents this coefficient using the contrast statistics.

La concordancia entre los expertos a partir del coeficiente de Kendall permite considerar que hay una tendencia al acuerdo entre los expertos. La Tabla 2, presenta mediante los estadísticos de contraste este coeficiente.

TABLE 2. Kendall's W Contrast Statistics
 TABLA 2. Estadísticos de contraste W de Kendall

N	9
Kendall's W (a)	0.992
Chi-square 312,581	312.581
gl	35
Sig nodedd.	0.000

Source: authors' own elaboration from the Expert Consultation Program.
 Fuente (Elaboración Propia a partir del programa de Consulta a Expertos).

The Kendall coefficient resulted in 0.992, where there is a total trend towards agreement among the experts consulted.

El coeficiente de Kendall dio como resultado 0,992, donde existe una total tendencia al acuerdo entre los expertos consultados.

Multiple Regression Analysis

Análisis de Regresión Múltiple

The formulation of both dependent and independent variables for the study was as follows:

La formulación de las variables tanto dependiente como independiente para el estudio, son:

Dependent variable:

Variable dependiente:

Weight_ BD Fruit

Peso_ Fruta BD

Independent variables:

Variables independientes:

- °Brix_ BD Sucrose Syrup
- % Water_ BD Sucrose Syrup
- Temperature_ BD Sucrose Syrup

- °Brix_ Jarabe de Sacarosa BD
- % Agua_ Jarabe de Sacarosa BD
- Temperatura_ Jarabe de Sacarosa BD

An analysis of variance was used to describe the relationship between fruit weight and independent variables. Table 3 summarizes this analysis.

Para describir la relación entre el peso de la fruta y las variables independientes se utilizó un análisis de varianza. La Tabla 3, resume este análisis.

TABLE 3. Analysis of Variance
TABLA 3. Análisis de Varianza

Source	Sum of Squares	Gl	Square Squared	F-Ratio	P-Value
Model	4402.06	3	1467.35	12.39	0.0022
Residual	947.318	8	118.415		
Total (Corr.)	5349.38	11			

Source: authors' own elaboration from Statgraphics Software.Fuente (Elaboración Propia a partir del software Statgraphics).

Null hypothesis: There is no relationship between the weight of the fruit and the independent variables.

Alternative hypothesis: there is a relationship between the weight of the fruit and in at least one of the independent variables.

Significance level: 0.05

Decision theory: Reject the null hypothesis (H0) if the smallest P-value of the tests performed is <0.05.

Decision: Since the P-value (0.0022) is less than 0.05, there is a statistically significant relationship between the variables with a confidence level of 95.0%.

Therefore, the model equation remains:

$$\text{Weight}_{\text{FruitBD}} = -793.779 + 13.5751 \cdot \text{°Brix} - 11.4982 \cdot \% \text{ of Water} + 10.6665 \cdot \text{Temperature}$$

where:

W_F.BD: weight of the fruit.

°Brix: °Brix of Sucrose Syrup BD.

% of Water: percent of water of Sucrose Syrup.

T: temperature of the Sucrose Syrup BD.

The adjusted R-Squared statistic indicates that the model explains 75.65%, so it can be inferred that the model fits correctly for the conditions evaluated in the study.

CONCLUSIONS

- From the drying methods studied, a trend of applying combined dehydration methods was observed, above all due to the energy saving and the simple and easy transference between the osmotic agent and the fruit that they generate.
- A methodology was developed that allows the combined dehydration of pineapple based on the experimental analysis and expert criteria.
- The combined dehydration that had the best organoleptic properties was dehydration with BD Sucrose Syrup.
- It was possible to develop a mathematical model for dehydration combined with BD Sucrose Syrup from statistical data, which was:

$$\text{Weight}_{\text{FruitBD}} = -793.779 + 13.5751 \cdot \text{°Brix} - 11.4982 \cdot \% \text{ of Water} + 10.6665 \cdot \text{Temperature}$$

REFERENCES

- AHMED, I.; QAZI, I.M.; JAMAL, S.: "Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34: 29-43, 2016, ISSN: 1466-8564.
- ALCÍVAR, P.M.R.: *Impacto de las exportaciones del sector exportador de piña en las recaudaciones tributarias, periodo 2010-2014*, Instituto de altos estudios nacionales universidad de postgrado del estado, Título de Magister en Administración Tributaria, CPA. Guayaquil, Ecuador, 2016.

Hipótesis nula: No existe relación entre el peso de la fruta y las variables independientes.

Hipótesis alterna: existe relación entre el peso de la fruta y en al menos una de las variables independientes.

Nivel de significación: 0,05

Teoría de decisión: Rechazar la hipótesis nula (H₀) si el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es < 0,05.

Decisión: Puesto que el valor-P (0,0022) es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%.

Por tanto, la ecuación del modelo queda:

donde:

P_f.BD: peso de la fruta.

°Brix: °Brix de jarabe de sacarosa.BD.

% de Agua: porciento de agua de jarabe de sacarosa.

T: Temperatura de jarabe de sacarosa.BD.

El estadístico R-Cuadrada ajustado indica que el modelo explica el 75,65%, por lo que se puede inferir que el modelo se ajusta correctamente para las condiciones evaluadas en el estudio.

CONCLUSIONES

- De los métodos de secado estudiados se observó una tendencia de aplicación de métodos de deshidratación combinados, sobre todo por el ahorro de energía que trae aparejado, además, de garantizar una transferencia entre el agente osmótico-fruta de manera sencilla y fácil.
- Se elaboró una metodología que permite la deshidratación combinada de la piña partiendo del análisis experimental, y un criterio de expertos.
- La deshidratación combinada que mejores propiedades organolépticas presentó fue la deshidratación con Jarabe de Sacarosa BD.
- Fue posible elaborar un modelo matemático a partir de datos estadísticos para la deshidratación combinada con Jarabe de Sacarosa BD, siendo este:

- ALVIS, B.A.; GARCÍA, M.C.; DUSSÁN, S.S.: “Cambios en la textura y color en mango (Tommy Atkins) presecado por deshidratación osmótica y microondas”, *Información tecnológica*, 27(2): 31-38, 2016, ISSN: 0718-0764, DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000200005>.
- DE MENDONÇA, S.K.; CORRÊA, G.J.; DE JESUS, J.R.; PEREIRA, M.C.A.; VILELA, M.B.: “Optimization of osmotic dehydration of yacon slices”, *Drying Technology*, 34(4): 386-394, 2016, ISSN: 0737-3937.
- ESTRADA, H.H.; RESTREPO, E.C.; SAUMETT, G.H.; PÉREZ, L.: “Deshidratación Osmótica y Secado por Aire Caliente en Mango, Guayaba y Limón para la Obtención de Ingredientes Funcionales”, *Información tecnológica*, 29(3): 197-204, 2018, ISSN: 0718-0764, DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300197>.
- FRANCO, C.E.: “El desperdicio de alimentos: una perspectiva desde los estudiantes de Administración de Empresas de la UPS Guayaquil”, *Revista Retos*, 11(1): 51-64, 2016, ISSN: 1390-6291, e-ISSN: 1390-8618, DOI: <http://orcid.org/0000-0001-8661-7666>.
- GARCÍA, H.F.; BEJARANO, L.D.; PAREDES, Q.L.; VEGA, R.R.; ENCINAS, P.J.: “La deshidratación osmótica mejora la calidad de Ananas comosus deshidratada”, *Scientia Agropecuaria*, 9(3): 349-357, 2018, ISSN: 2077-9917, DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.06>.
- GARCÍA, P.A.; MUÑIZ, B.S.; HERNÁNDEZ, G.A.; GONZÁLEZ, L.M.; FERNÁNDEZ, V.D.: “Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa)”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1): 62-69, 2013, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- GARCÍA, P.M.; ALVIS, B.A.; GARCÍA, M.C.A.: “Evaluación de los pretratamientos de deshidratación osmótica y microondas en la obtención de hojuelas de mango (Tommy Atkins)”, *Journal Información tecnológica*, 26(5): 63-70, 2015, ISSN: 0718-0764, DOI: 10.4067/S0718-07642015000500009.
- GONZÁLEZ, G.C.G.: “Frutas y verduras perdidas y desperdiciadas, una oportunidad para mejorar el consumo”, *Revista chilena de nutrición*, 45(3): 198-198, 2018, ISSN: 0717-7518, DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400198>.
- GONZÁLEZ, V.L.: “El insostenible desperdicio de alimentos: ¿qué podemos hacer los consumidores?”, *Revista CESCO de Derecho de Consumo*, 14: 203-216, 2015, ISSN: 2254-2582.
- MORALES, A.L.: “Producción y rendimiento del cultivo de la piña (ananas comosus) en Costa Rica, periodo 1984-2014”, *Revista e-Agronegocios*, 4(2): 1-14, 2018, ISSN: 2215-3462, DOI: <https://doi.org/10.18845/rea.v4i2.3681>.
- RODRÍGUEZ, L.M.; SÁNCHEZ, M.L.: “Consumo de frutas y verduras: Beneficios y retos Consumo de frutas y verduras”, *Alimentos Hoy*, 25(42): 30-55, 2017, ISSN: 2027-291X.
- RODRÍGUEZ, M.M.: *Obtención de frutos deshidratados de calidad diferenciada mediante la aplicación de técnicas combinadas, [en línea]*, Universidad Nacional de La Plata, Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería, Olavarría, Argentina, 2013, *Disponible en: https://doi.org/10.35537/10915/29845*.
- SOARES, K.; GOMES, J.L.; JUNQUEIRA, J.R.; ANGELIS, M.C.; VILELA, M.B.: “Optimization of osmotic dehydration of yacon slices”, *Journal Drying Technology*, 34(4): 386-394, 2016, ISSN: 1532-2300, e-ISSN: 0737-3937, DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1054511>.

Damisela Acea del Sol, Professor, University of Cienfuegos, Faculty of Agrarian Sciences, Cienfuegos, Cuba, e-mail: dacea@ucf.edu.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7601-0641>

Angel Lazaro Sanchez Iznaga, Assistant Professor, University of Cienfuegos, collaborator of the University of Cienfuegos (UCF) at the Metropolitan University of Ecuador (UMET). Quito, Ecuador, e-mail: asancheziznaga@gmail.com; alsanchez@ucf.edu.cu; asanchez@umet.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0729-8340>

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.