

REPÚBLICA DE CUBA  
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS



SEDE CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE QUIMICA

# TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUIMICO

**Título: Deshidratación combinada de la papaya para su  
conservación.**

**Autor: Yamely Molina Romero**

**Cienfuegos, 2018**



SEDE "CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE QUIMICA

## TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUIMICO

**Título: Deshidratación combinada de la papaya para su conservación.**

**Autor:** Yamely Molina Romero

**Tutores:** MSc. Damisela Asea del Sol

Ing. Orlando Manuel Stable Rodríguez

**Consultante:** MSc. Reinier Jiménez Borges

**Cienfuegos, 2018**

*Pensamiento*



*Una educación desde la cuna hasta la tumba, inconforme y reflexiva,  
que nos inspire un nuevo modo de pensar y nos incite a descubrir  
quiénes somos en una sociedad que se quiera más a sí misma...*

*Gabriel García Márquez.*

# *Dedicatoria*



*Dedico esta tesis con mucho amor a mis queridos padres Jorge Luis Molina Rodríguez y Aracelys Romero García que han sido mi apoyo incondicional en todo momento, por sus sacrificios, consejos y por ser ellos mi principal fuente de inspiración para poder seguir adelante sin pedir nada a cambio y guiar mis pasos por la vida.*

# *Agradecimientos*



*A mi abuela querida que de una forma u otra me ha dado fuerzas para poder alcanzar esta gran meta.*

*A mis hermanas por inspirar mis sueños futuros.*

*A todos mis compañeros de aula con quienes he compartido los buenos y difíciles momentos a lo largo de nuestra carrera.*

*A Reinier Jiménez Borges por su apoyo, constancia e incondicionalidad en la elaboración de la tesis.*

*A Orlando Manuel Stable Rodríguez por brindarme sus conocimientos y, experiencia y contribuir a mi formación profesional.*

*Agradezco también a todas aquellas personas que de una forma u otra han puesto una cuota de esfuerzo y me han dedicado un poquito de su tiempo.*

*A todos muchas gracias*

# *Resumen*



## Resumen

En el presente estudio se evaluó la influencia de varias soluciones osmóticas en el proceso de deshidratación combinada de la papaya para su conservación. Se elaboró una metodología a partir de un análisis experimental y una evaluación de expertos que permitió determinar que la solución de Jarabe de Sacarosa AC de todas las soluciones osmóticas garantizaba en mejor medida las propiedades organolépticas de la fruta. Mediante un análisis de la variabilidad de los  $^{\circ}$ Brix, el % de agua y la temperatura para las SO se observaron diferencias estadísticamente significativas, de igual manera que para el peso, % de agua y temperatura de la fruta. Finalmente, mediante un análisis de regresión lineal múltiple fue posible obtener el modelo:  $\text{Peso\_Fruta.Jarabe de AC} = -348,225 + 7,55565 * ^{\circ}\text{Brix} - 6,4982 * \% \text{ Agua} - 6,19962 * \text{Temperatura}$  para un valor de  $R^2$  de 82,551 lo que indica que el modelo se ajusta correctamente para las condiciones evaluadas en el estudio.

**Palabras claves:** papaya, deshidratación combinada, soluciones osmóticas, regresión lineal múltiple, modelo.

# *Abstract*



## **Abstract**

In the present study it was evaluated, the influence of several osmotic solutions on the combined dehydration process of the papaya for its conservation. A methodology was developed from an experimental analysis and an evaluation of experts that made it possible to determine that the solution of Sucrose AC of all the osmotic solutions guaranteed in a better measure the organoleptic properties of the fruit. By means of an analysis of the variability of the brix degrees, the % of water and the temperature for the SO, statistically significant differences were observed, in the same way as for the weight, % of water and temperature of the fruit. Finally, by means of a multiple linear regression analysis it was possible to obtain the model:  $\text{Peso\_Fruta.Jarabe of AC} = -348,225 + 7,55565 * \text{OBrix} - 6,4982 * \% \text{ Water} - 6,19962 * \text{Temperature}$  for a value of R<sup>2</sup> of 82,551 which indicates that the model fits correctly for the conditions evaluated in the study.

**Keywords:** papaya, combined dehydration, osmotic solutions, multiple linear regression, model

# *Índice*



## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1 Generalidades de la piña, métodos de secado. Deshidratación osmótica .....</b>	<b>6</b>
1.1 Generalidades sobre la Papaya .....	6
1.1.1 Origen y caracterización de la especie .....	6
1.1.2 Composición química, energética y nutricional de la papaya: .....	6
1.2 Estado actual de la producción de Papaya.....	8
1.2.1 Producción mundial .....	8
1.2.2 Producción nacional.....	10
1.2.3 Producción territorial .....	10
1.3 Métodos de Deshidratación .....	11
1.4 Deshidratación osmótica.....	12
1.4.1 Factores presentes en la Deshidratación osmótica.....	13
1.4.1.1 Tipo de agente osmótico .....	13
1.5 Ósmosis. Fundamentos.....	15
1.6 Fundamentos teóricos del secado .....	15
1.7 Métodos de Deshidratación Características fundamentales: .....	16
1.7.1 Secado Convencional (aire caliente).....	16
1.7.2 Secado Solar.....	17
1.7.3 Lecho fluidizado .....	19
1.7.4 Secado por atomización .....	20
1.7.5 Secado mediante liofilización.....	22
1.8 Análisis Multivariado .....	23
1.8.1 Diseño de Experimentos .....	23
1.8.2 Criterios de Expertos.....	26
<b>CAPÍTULO II METODOLOGÍA PARA LA DESHIDRATACIÓN COMBINADA DE LA PAPAYA .....</b>	<b>29</b>
2.1 Trabajo experimental.....	29
2.1.1 Descripción de las etapas del trabajo experimental. ....	30
2.2 Diseño de Experimentos .....	35
2.2.1 Definición del problema estadístico.....	35
2.2.2 Selección de los factores a estudiar, número y magnitud de los niveles de estos....	36
2.2.3 Selección de las variables.....	36

2.2.4	Selección del Diseño Experimental.....	36
2.2.5	Pruebas experimentales .....	37
2.2.6	Análisis estadístico de los datos obtenidos del experimento.....	37
2.3	Criterio de Expertos.....	38
2.3.1	Elección de los expertos a consultar .....	38
2.3.2	Análisis de valoración de aspectos (Método Delphi) .....	41
2.3.3	Análisis de la información obtenida. ....	42
2.3.4	Análisis de la concordancia en la valoración de aspectos (Coeficiente de Kendall).....	42
2.4	Obtención del modelo matemático a partir de datos estadísticos.....	44
<b>CAPITULO III. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>		<b>47</b>
3.1	Análisis estadístico de los datos obtenidos del experimento.....	47
3.1.1	Análisis exploratorio de los datos. ....	47
3.1.2	Análisis del efecto de las soluciones osmóticas sobre la temperatura, el peso y el Brix de la fruta. ....	49
3.2	Análisis de la variabilidad en el proceso. ....	50
3.2.1	Análisis de la variabilidad de los Grados Brix, el porcentaje de agua y la temperatura en las soluciones osmóticas. ....	50
3.2.2	Análisis de la variabilidad de la temperatura, la pérdida del peso y los Grados Brix en la fruta. ....	51
3.2.3	Análisis de la variabilidad de los Grados Brix, el porcentaje de agua y la temperatura de las soluciones osmóticas en el tiempo. ....	53
3.2.4	Análisis de la variabilidad de la temperatura, la pérdida del peso y los Grados Brix de la fruta en el tiempo. ....	54
3.3	Criterio de Expertos.....	55
3.4	Obtención del modelo matemático a partir de datos estadístico. ....	57
<b>Conclusiones .....</b>		<b>60</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>62</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>64</b>
<b>Anexos .....</b>		<b>69</b>

# *Introducción*



## **Introducción**

A nivel global un tercio de las partes comestibles de los alimentos producidos anualmente para consumo humano se pierde o se desperdicia. Estas pérdidas de alimentos pueden tener lugar en la etapa de producción, poscosecha, almacenamiento y procesamiento, es decir, cuando los alimentos se pierden antes de llegar a su fase de producto final o a la venta minorista. Por región, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que, del total de las pérdidas y desperdicios mundiales de alimentos, el 6% se da en América Latina y el Caribe, correspondiendo a 127 millones de toneladas de alimentos aptos para el consumo humano al año, lo que equivale a desaprovechar, cada año, el 15% de sus alimentos disponibles. Además, estima que con la pérdida de alimentos a nivel de la venta, en supermercados, ferias libres, almacenes y puestos de venta, se podría alimentar a más de 300 millones de personas, o al 64% de quienes sufren hambre en la región (Eguillor, 2017).

En la actualidad existe una amplia tendencia mundial por la investigación y desarrollo de técnicas de conservación de alimentos que permitan obtener productos de alta calidad nutricional, que sean muy similares en color, aroma y sabor a los alimentos frescos y que no contengan agentes químicos conservantes (Sierra, 2010).

Las frutas al igual que todos los seres poseen una gama muy amplia de componentes químicos diferentes, las variaciones en su composición, química y físicas depende de la variedad de fruta que se cultive por lo que se hace necesaria su conservación (Navarrete, 2003).

Las frutas tropicales y subtropicales, conocidas como frutas exóticas tienen gran importancia por su valor nutritivo, al ser especialmente ricas en vitaminas, y minerales, además de su agradable aroma y colorido (Cámara, 1992).

La Organización Mundial de la Salud nos recomienda el consumo de al menos cinco raciones de frutas o vegetales por día, lógicamente como alternativa al consumo de estas cinco porciones, algunos fabricantes venden suplementos dietéticos que nos ayudan a incrementar la ingesta dietética de antioxidantes. Las investigaciones alimentarias y la industria de los alimentos en general han reaccionado a estas recomendaciones mejorando el proceso tradicional o proporcionando nuevas soluciones tecnológicas para crear productos que ayuden a los consumidores a mantenerse en forma con estos alimentos (Murcia, n.d.).

En Cuba se pierde aproximadamente 57% de las frutas al año. Las pérdidas de cosecha y poscosecha se sitúan alrededor 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%.

Los métodos combinados son técnicas de conservación que pueden considerarse para el procesado mínimo de alimentos. Estos métodos, como su nombre lo indica, enfatizan el uso de tecnologías que conducen a la preservación de alimentos en que las características organolépticas, tales como textura, sabor y color, son similares a la de los productos frescos, sin comprometer su integridad. El efecto aditivo y sinérgico de factores de conservación permite preservar el alimento con una mayor calidad que si se usa una sola técnica, por ejemplo secado (Navarrete, 2003).

La deshidratación es uno de los procesos más utilizados en la preservación de alimentos y tiene como objetivo reducir el contenido de humedad del producto para lograr períodos de almacenamiento más largos. Existen diferentes métodos de deshidratación como son: el tradicional secado al sol utilizando secadores solares, por flujo de aire caliente, microondas, liofilización, atomización, deshidratación osmótica, secado al vacío, por congelación al vacío, entre otros, los cuales han sido aplicados a granos, a frutas y a vegetales (Muñiz y col, 2011).

Los frutales desempeñan un papel importante en la dieta humana; entre éstos se destaca la Fruta Bomba o papaya (*Carica papaya* L.), se cultiva en Cuba desde 1906 en escala comercial dadas las condiciones favorables para este cultivo, ya que encuentra condiciones óptimas para su desarrollo; tiene gran importancia económica ya que permite su presencia en el mercado durante todo el año a diferencia de otros frutales de “época o estación “. Por lo que se prevé un incremento sustancial de las áreas a plantar de este cultivo con buena calidad (Serbelló y col, 2012).

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. Por lo tanto, para esta investigación se propone el siguiente problema científico:

**Problema científico:**

¿Cómo aplicar la deshidratación combinada a la papaya (*Carica papaya*) para su conservación?

**Hipótesis:**

Si se aplicara la deshidratación combinada de la papaya se debe garantizar su correcta conservación además de las principales propiedades organolépticas.

### **Objetivo General.**

Evaluar la factibilidad de la deshidratación combinada a la papaya (*Carica papaya*) para su conservación a partir de diferentes agentes osmóticos.

### **Objetivos específicos:**

1. Establecer las bases teóricas de los métodos de secado para frutas. Deshidratación Osmótica.
2. Proponer una metodología para la deshidratación combinada de la papaya considerando varios agentes osmóticos.
3. Establecer un modelo matemático a partir de datos estadístico para la deshidratación combinada de la papaya.

La tesis tiene la siguiente estructura:

### **Resumen**

### **Introducción.**

Se analizan las premisas teóricas de la investigación, planteando las principales fuentes y surgimiento del problema, además de declarar el objetivo del estudio, así como, la hipótesis que se defiende y la estructura de la tesis.

### **Capítulo I. Estado actual de la papaya. Su deshidratación osmótica y los métodos de secado.**

En este capítulo se parte del análisis de la producción mundial, nacional y territorial de la papaya mediante informaciones aportadas por la FAO. Se caracterizan además los métodos de secado particularizando en el método de deshidratación osmótica y las variables que afectan las propiedades organolépticas de la fruta. Finalmente se analizan los métodos estadísticos que son aplicados para estos casos

### **Capítulo II. Metodología para la deshidratación combinada de la papaya.**

En este capítulo se describe la metodología propuesta para la deshidratación combinada de la papaya. La misma parte de un trabajo experimental donde se realizan las mediciones correspondientes para la fruta y los agentes osmóticos utilizados. Además, se realiza un estudio mediante un criterio de expertos sobre la influencia que tienen cada una de estas soluciones en las

propiedades organolépticas de la fruta para finalmente poder ver aquella que mejores resultados ofrece.

### **Capítulo III. Análisis de los resultados.**

En este capítulo se desarrolló la metodología propuesta. Para ello fueron utilizados los programas Statgraphics para el procesamiento experimental y el programa SPSS para el análisis de criterio de expertos. El criterio de experto permitió seleccionar que la solución de Jarabe de Sacarosa Crudo (AC) fue la que mejores propiedades organolépticas mantuvo para la fruta. Se analizó además la variabilidad de los <sup>0</sup>Brix, el % de Agua y la Temperatura en las soluciones osmóticas (SO) y los <sup>0</sup>Brix, el Peso y la Temperatura en la fruta. Se elaboró un análisis de la relación tiempo de deshidratación- <sup>0</sup>Brix en las SO. Finalmente se obtuvo el modelo matemático a partir de datos estadístico y su correspondencia con las condiciones evaluadas.

### **Conclusiones y Recomendaciones.**

Se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegan a partir del análisis de los resultados de trabajo realizado.

### **Bibliografía.**

### **Anexos.**

# *Capítulo I*



## Capítulo 1 Generalidades de la piña, métodos de secado. Deshidratación osmótica

### 1.1 Generalidades sobre la Papaya

#### 1.1.1 Origen y caracterización de la especie

La papaya es un árbol (*Figura 1*) perteneciente a la familia de las caricáceas que fue cultivado por primera vez en México, esta planta produce frutos durante todo el año y es ampliamente cultivada en las regiones tropicales del mundo, que incluyen: la India, Bangladesh, Malasia, Australia, Indonesia, Filipinas, Sri Lanka, Sudáfrica, y partes de América tropical (Navarro y col, 2016).

La papaya es una planta herbácea de crecimiento rápido y de vida corta, la duración de su vida es de 7 a 15 años pero desde un punto de vista comercial, debe ser como máximo de tres años, ya que después la recolección se hace dificultosa por la altura que alcanza la planta y porque la producción disminuye, no siendo por tanto rentable su mantenimiento. De porte singular, puede llegar a 7,5 metros o más de altura y tiene el aspecto de un pequeño árbol de tronco simple, sin ramificar, de consistencia más carnosa que leñosa, con las cicatrices de las hojas desprendidas a lo largo de él y con un penacho o cogollo de hojas perennes de color verde intenso en su ápice. Las hojas, de gran tamaño y provistas de un largo peciolo, son palminervias y están divididas en siete grandes lóbulos en disposición palmada, que a su vez se encuentran divididas en forma pinnada. Las flores son actinomorfas, pentámeras, unisexuales o hermafroditas. El fruto es en baya. Todos los órganos de la planta segregan un latex que contiene papaína, que es un enzima proteolítico.



*Figura 1* Planta de Papaya (*Carica papaya*) con flores y frutos Fuente: (Lovera, 2016)

#### 1.1.2 Composición química, energética y nutricional de la papaya:

De la papaya se puede observar la composición química en la tabla 1, energética en la tabla 2 y nutricional en la tabla 3. La papaya (*Figura 2*) es una fruta destacada por contener una gran

cantidad de vitaminas (entre las que encontramos vitaminas del grupo B, C, A y D), minerales (como el calcio, el potasio o el sodio), y fibra dietética. No en vano la papaya es considerada como una de las frutas más ricas en antioxidantes, dado que sólo la mitad de la fruta proporciona unos 38 miligramos de carotenoides, que es capaz de protegernos contra el cáncer o las enfermedades cardiovasculares. Por otro lado, su aporte tanto de proteínas como de grasas es relativamente bajo, como de hecho ocurre con la mayoría de las frutas Pérez.(n.d.). Los valores nutricionales pueden ser consultados en la tabla 3.

Tabla 1. Composición química de la papaya por cada 100 gramos de pulpa madura

<b>Componentes</b>	<b>Valor</b>
Calcio(mg/100g)	29
Fósforo(mg/100g)	11
Hierro(mg/100g)	0,2
Niacina(mg/100g)	0,3
Magnesio(mg/100g)	21
Potasio(mg/100g)	182
Sodio(mg/100g)	8

Fuente: (Jiménez, 2002)

Tabla 2. Composición energética de la papaya por cada 100 gramos de pulpa madura. (Jiménez, 2002)

<b>Componentes</b>	<b>Valor</b>
Calorías(kcal/100g)	43
Agua(g/100)	90,75
Proteína(g/100g)	0,80
Grasa(g/100g)	0,10
Carbohidratos(g/100g)	6,32
Fibra(g/100g)	1,09
Cenizas(g/100g)	0,94

Fuente: (Jiménez, 2002)

Tabla 3. Composición nutricional de la papaya por cada 100 gramos de pulpa madura.

Vitaminas	Valor
Vitamina A(IU/100g)	104
	7
Tiamina Vit.B1(mg/100)	0,03
Riboflavina Vit.B2(mg/100g)	0,04
A. Ascórbico Vit. C(mg/100g)	84
Vitamina E (mg/100g)	0,3

Fuente: (Jiménez, 2002)



Figura 2. Papaya (Carica papaya)

Fuente: (Pérez, n.d.).

## 1.2 Estado actual de la producción de Papaya

### 1.2.1 Producción mundial

La producción mundial de papaya en los últimos 10 años, de acuerdo con las cifras publicadas por la FAO (*Figura 3, Anexo1*) ha tenido la tendencia a un incremento. El 2016 (último año publicado por la FAO) cerró con una producción de 13 050 749 toneladas, en comparación con las 10 000 000 que existían en el año 2007 para un 23 % de crecimiento en la producción de esta.



*Figura 3.* Producción de papaya en los últimos 10 años (FAO, 2017)

La papaya se produce en más de 60 países (*Figura 4*) y su producción se concentra en naciones en vías de desarrollo. Hoy en día, la papaya es la tercera fruta tropical más producida con 11,22 millones de toneladas, equivalente al 15.36% del total de producción de frutas tropicales. Fundamentalmente se cultiva en Asia, Suramérica, África, Centroamérica, el Caribe, Norteamérica y Oceanía (Evans, 2015). Los cinco principales países en la producción de papaya son India, Brasil, Indonesia, Nigeria y México suman el 72.7% de la producción mundial (Albino, 2016). En Cuba hay una variedad criolla obtenida a partir de germoplasma colectado en la región central y oriental. Ésta constituye la principal variedad comercial cubana, ha alcanzado gran difusión en México, se extiende por muchos países tropicales y constituye una de las tres variedades de papaya más comercializadas en el mundo.

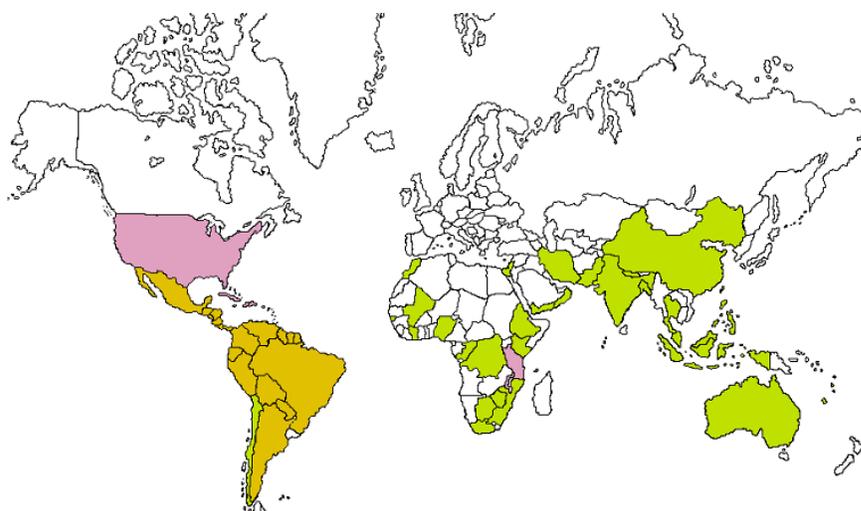


Figura 4. Distribución de plantas nativas y plantaciones de papaya a nivel mundial

Fuente: (Lovera, 2016).

### 1.2.2 Producción nacional

En nuestro país la producción de papaya se ha comportado de forma regular y creciente como se puede observar en la (Figura 5, Anexo 2), siendo el 2015 y 2016 los años de mayor producción con 202 499 y 212 579 toneladas respectivamente.

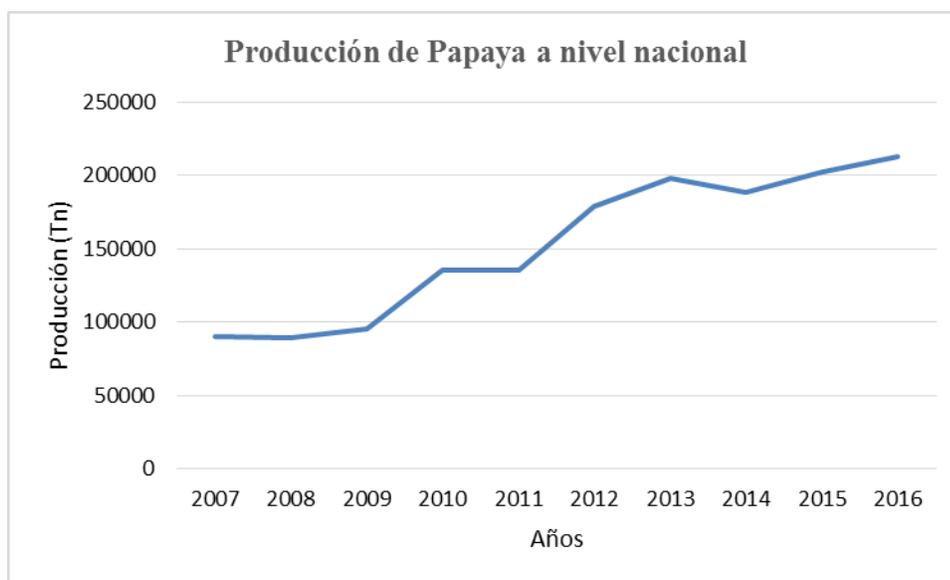


Figura 5. Producción de Papaya para Cuba en los últimos 10 años (FAO,2017)

### 1.2.3 Producción territorial

En nuestro país la producción de papaya se comportan de manera irregular, principalmente se producen en La Habana (Rodríguez y col, 2014), en Las Villas (Rodríguez, 2008), según informe

presentado por la FAO para la provincia de Cienfuegos la producción de papaya se comportó de acuerdo a los valores presentados en (Figura 6, Anexo 3).

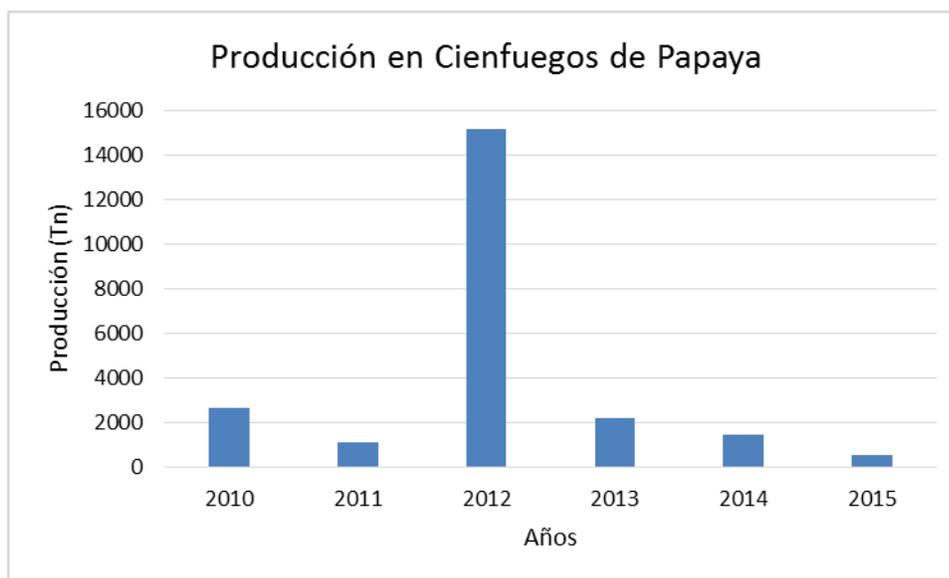


Figura 6. Producción en Cienfuegos de Papaya. (FAO, 2017)

### 1.3 Métodos de Deshidratación

La deshidratación o el desecado es una de las técnicas más utilizadas para la conservación de alimentos a través de la historia. Al comienzo, se secaban al sol alimentos como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados, mediante prueba y error, para tener alimentos en épocas de escasez. Comercialmente esta técnica, que convierte alimentos frescos en deshidratados, añade valor agregado a la materia prima utilizada, bajan los costos de transporte, distribución y almacenaje por la reducción de peso y volumen del producto que produce. Asimismo, la deshidratación es el método más barato y especialmente apto para comunidades que no posean otras posibilidades de conservación.

La deshidratación consiste en la extracción de la humedad del alimento. Previene el crecimiento y la reproducción de los microorganismos. Se considera que es uno de los métodos más antiguos que se utilizan para la preservación de alimentos (Subdirección de Orientación y Educación Alimentaria, 2018).

Dentro de las ventajas fundamentales de este método podemos citar:

- ✓ Muy útil y relativamente fácil de llevar a cabo a cualquier nivel. Particularmente apto para poblaciones de bajos recursos, y a pequeña escala requiere inversiones mínimas.

- ✓ Vida útil muy prolongada, si se seca a niveles de humedad residual adecuados.
- ✓ Reducción muy importante de peso y volumen. Mínimos costos de almacenamiento, empacamiento y transporte.
- ✓ No requieren instalaciones especiales para su almacenamiento posterior.
- ✓ Productos compatibles con cualquier otro ingrediente deshidratado para elaboración de mezclas.

Dentro de las desventajas fundamentales de este método podemos citar:

- ✓ Calidad relativamente baja en cuanto a contenido residual de nutrientes, textura, aroma, etc.
- ✓ Relativamente baja capacidad de rehidratación
- ✓ Alto costo de equipamiento para grandes producciones, y equipamiento muy específico para cada producto y proceso.

#### **1.4 Deshidratación osmótica**

La deshidratación osmótica (DO) es una técnica extensamente estudiada que permite modificar la composición de los alimentos a partir de la remoción de agua y de la incorporación de sólidos. Por esta razón, constituye una herramienta más que interesante desde el punto de vista de la formulación y desarrollo de nuevos productos (Wais, 2011).

En este sentido, dependiendo de la cantidad de agua que se desee extraer del alimento y de la clase de soluto que se desee incorporar, es muy amplio el espectro de productos que se pueden diseñar utilizando esta técnica. La DO permite incorporar a la estructura del producto sólido con funciones nutricionales, organolépticas y de conservación, entre otros (Wais, 2011).

Por lo general, la deshidratación osmótica no disminuye la actividad acuosa del alimento de manera tal de estabilizarlo totalmente, sino que sólo extiende su vida útil. La pérdida de agua puede ser aproximadamente del 50-60% de su contenido inicial, existiendo entonces la posibilidad de producir significativas modificaciones en el volumen, forma y estructura del alimento. Así como también variaciones apreciables en los valores de los coeficientes de difusión y de transferencia de masa, durante el transcurso del proceso (Wais, 2011).

Las principales ventajas que se adjudican a la deshidratación osmótica como primera etapa de un método combinado de deshidratación de alimentos son (Della, 2010):

- ✓ Es eficiente desde el punto de vista energético ya que se lleva a cabo generalmente en condiciones cercanas a la temperatura ambiente sin que el agua cambie de fase.
- ✓ No se afecta prácticamente el color, el sabor, el aroma y la textura del alimento.
- ✓ Es un proceso tecnológicamente sencillo.
- ✓ Se puede trabajar con pequeños volúmenes de producto.
- ✓ Produce un daño mínimo en la estructura del alimento deshidratado ya que no debe someterse a altas temperaturas como en otros tratamientos térmicos como es el caso del secado convectivo.
- ✓ Mejora de la estabilidad del producto. La actividad de agua del alimento disminuye de modo tal de inhibir parcialmente el crecimiento microbiano y así extender la vida útil del alimento.
- ✓ Disminuyen los costos de empaque y transporte al disminuir el peso por eliminación parcial del agua.

#### **1.4.1 Factores presentes en la Deshidratación osmótica**

##### **1.4.1.1 Tipo de agente osmótico**

Los Agentes osmóticos pueden ser: glucosa, fructosa, dextrosa, lactosa, maltosa, polisacáridos, maltodextrina, jarabes de almidón de maíz y sus mezclas. La elección dependerá de varios factores tales como costo del soluto, compatibilidades organolépticas con el producto terminado y preservación adicional otorgada por el soluto al producto final y de la influencia del soluto sobre las características organolépticas del producto tratado (Della, 2010).

##### **1.4.1.2 Concentración de la solución osmótica**

La pérdida de agua y la velocidad de secado aumentan con el incremento de la concentración de la solución osmótica, ya que la actividad de agua de la solución decrece con un aumento en la concentración de solutos. Con el incremento en la concentración de la solución se forma una capa de soluto sobre la superficie del producto que actúa como barrera reduciendo la pérdida de nutrientes y, a muy altas concentraciones, pueden dificultar también la pérdida de agua.

##### **1.4.1.3 Temperatura de la solución osmótica**

Este es el parámetro más importante que afecta la cinética de pérdida de agua y la ganancia de solutos. La ganancia de solutos es menos afectada que la pérdida de agua por la temperatura ya que a altas temperaturas el soluto no puede difundir tan fácilmente como el agua a través de la membrana celular de los tejidos del producto.

#### **1.4.1.4 pH de la solución**

La acidez de la solución aumenta la pérdida de agua debido a que se producen cambios en las propiedades tisulares y consecuentemente cambios en la textura de las frutas y vegetales que facilitan la eliminación de agua.

#### **1.4.1.5 Propiedades del soluto empleado**

El proceso osmótico también depende de las propiedades físico-químicas de los solutos empleados: pesos moleculares, estado iónico y solubilidad del soluto en el agua. Esta última es muy importante pues define la máxima concentración del soluto que puede emplearse en la solución (Della, 2010).

#### **1.4.1.6 Agitación de la solución osmótica**

La deshidratación osmótica puede mejorarse mediante la agitación. La misma disminuye la resistencia a la transferencia de masa en la superficie del producto, además de uniformizar la temperatura y la concentración de solutos en la solución. Sin embargo, existen casos en que puede dañarse el producto y debe evitarse.

#### **1.4.1.7 Geometría y tamaño del producto**

La geometría del producto es muy importante ya que variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la difusión. Asimismo, el tamaño influye en la velocidad de deshidratación y en la absorción de solutos puesto que la superficie por unidad de volumen se modifica para los diferentes tamaños.

#### **1.4.1.8 Relación masa de solución-masa del producto**

La pérdida de agua y la ganancia de solutos aumentan con un incremento de la relación masa de solución a masa de producto empleada

#### **1.4.1.9 Propiedades físico-químicas del alimento**

La composición química (proteínas, carbohidratos, grasas, contenido de sal, etc.), la estructura física (porosidad, arreglo de células, orientación de fibras y tipo de piel) y los pretratamientos como congelación y escaldado pueden afectar la cinética de deshidratación osmótica. La variabilidad en los resultados obtenidos en el proceso de deshidratación osmótica entre los diferentes productos depende de la compacidad de los tejidos, contenido inicial de sólidos solubles e insolubles, espacios intercelulares, presencia de gas en el interior de los tejidos, relación entre fracciones de diferentes pectinas (pectinas solubles en agua y protopectinas) y niveles de gelificación de pectinas. Generalmente cuando el producto a deshidratar es muy

poroso conviene someterlo a deshidratación osmótica en vacío para facilitar la salida de aire de su interior.

#### **1.4.1.9 Presión de operación**

La transferencia de agua total en la deshidratación osmótica depende como se mencionó precedentemente de una combinación de dos mecanismos: la difusión y el flujo por capilaridad. Los tratamientos al vacío aumentan el flujo capilar, incrementando la transferencia de agua pero no influyen en la ganancia de solutos. El flujo capilar de agua depende de la porosidad y de la fracción de espacios huecos del producto (Della, 2010).

#### **1.5 Ósmosis. Fundamentos.**

La ósmosis es un fenómeno en el que se produce el paso o difusión de un disolvente a través de una membrana semipermeable (permite el paso de disolventes, pero no de solutos), desde una disolución más diluida a otra más concentrada. La aplicación del fenómeno de ósmosis en la deshidratación de frutas se puede lograr debido a que un buen número de frutas, como es el caso de la fresa, frutillas, papaya, mango, melón, manzana, banana, piña, entre otras, cuentan con los elementos necesarios para inducir la ósmosis. Dentro de las ventajas de la ósmosis se pueden encontrar:

1. El agua que sale de la fruta al jarabe de temperatura ambiente y en estado líquido, evita las pérdidas de aromas propios de la fruta.
2. La Ausencia de oxígeno en el interior de la masa de jarabe donde se halla la fruta, evita las correspondientes reacciones de oxidación (pardeamiento enzimático) que afectan directamente la apariencia del producto final.
3. La deshidratación de la fruta sin romper células y sin poner en contacto los sustratos que favorecen el oscurecimiento químico, permite mantener una alta calidad al producto final.
4. La fruta obtenida conserva en alto grado sus características de color, sabor y aroma.

#### **1.6 Fundamentos teóricos del secado**

El proceso de secado es la operación unitaria en la cual se produce al retirar, por medio de métodos artificiales o naturales, el agua que está contenida en los sólidos. Este proceso es una operación, básicamente, de transferencia de masa y se presenta durante el contenido de agua que se encuentra en el sólido se transfiere por evaporación hacia el gas; esto ocurre en base a la diferencia de presiones entre el vapor del sólido húmedo y aire.

El mecanismo del proceso de secado depende considerable de la forma en la que el agua está relacionada con el sólido: mientras más difícil será remover su humedad (Pasquel, 2016).

### **1.7 Métodos de Deshidratación Características fundamentales:**

Existen varios métodos de deshidratación, entre ellos se pueden encontrar:

- ✓ Secado Convencional (aire caliente)
- ✓ Secado Solar
- ✓ Lecho fluidizado
- ✓ Secado por atomización
- ✓ Liofilización
- ✓ Deshidratación osmótica

#### **1.7.1 Secado Convencional (aire caliente)**

El secado por flujo de aire caliente es uno de los procesos más utilizados para la deshidratación de frutas por ser eficiente, productivo, económico y de fácil manejo gracias a las nuevas tecnologías. Este método de deshidratación, elimina el agua de los alimentos por medio de calor mediante la evaporación, lo que impide el crecimiento de algunas bacterias que no pueden vivir en medios secos. Dentro de las características físicas y químicas del secado se encuentran:

- ✓ Velocidad de secado
- ✓ Período de velocidad constante
- ✓ Influencia en la composición de los alimentos:
- ✓ Propiedades de los materiales alimenticios
- ✓ Aspectos bioquímicos
- ✓ Tipo de agua en los alimentos
- ✓ Contenido de humedad
- ✓ Grado de secado
- ✓ Balance de materia y energía

La literatura presenta desarrollos recientes en los métodos de secado convectivo combinado no térmico comúnmente utilizando técnicas de secado para frutas y verduras, con énfasis en el tiempo de secado, tasa de secado, atributos de calidad de los productos, y el enfoque de modelado (Onwude et al., 2017). Además (Dehghannya et al., (2017) aplicó el secado por microondas de

múltiples etapas demostrando que esta técnica permite un consumo de energía específica menor que solamente mediante el método por aire caliente.

## **1.7.2 Secado Solar**

En el secado solar el material húmedo se extiende en grandes superficies y sólo hay que esperar a que el contenido en agua se elimine por medio del aire. Este procedimiento es de muy bajo coste pero puede producir fuertes mermas ocasionadas por las lluvias durante el proceso de secado y el ataque de insectos y animales si el material se expande en el suelo directamente (Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y alimentación, n.d). Dentro de los tipos de secado solar se encuentra el secado solar al aire libre.

### **1.7.2.1 Secado al aire libre**

Como método natural este presenta un número de inconvenientes o limitaciones dentro los que se encuentran:

- El proceso es lento debido a la elevada humedad en el ambiente.
- Muchas veces, los alimentos se secan mal, sobre todo los que contienen un alto porcentaje de agua, y se pudren o se enmohecen.
- Los productos están expuestos al polvo, a insectos y otros animales que pueden deteriorar los alimentos y causar enfermedades al consumirlos.
- En el caso del secado al sol, se necesita una atención particular para proteger los alimentos de la intemperie (aguaceros, rocío).
- La exposición directa de los alimentos a los rayos solares puede ser perjudicial en cuanto a su calidad (pérdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo), debido a la acción de los rayos ultravioletas.

### **1.7.2.2 Secado a partir de secadores solares**

Para el proceso de secado mediante secadores solares se debe garantizar fundamentalmente una superficie metálica oscura así como una cobertura transparente. La primera permite que el calor producido de esta manera es transferido al aire, que está en contacto con dicha superficie. Por otra parte una cobertura transparente (vidrio o plástico), deja pasar la radiación luminosa y evita el escape del aire caliente. Para un mayor rendimiento, algunos modelos de secaderos solares de gran capacidad disponen de un sistema de calefacción combinado. Se usa un combustible o energía eléctrica como fuente de energía

auxiliar para los periodos con deficiencia de radiación solar, para los días nublados y para seguir trabajando en horas de la noche.

El proceso de secado se produce por la acción de aire cálido y seco, que pasa por los productos a secar, ubicados generalmente en bandejas en el interior del secadero. De esta forma la humedad contenida en los alimentos se evapora a la superficie de los mismos y pasa en forma de vapor al aire, que los rodea.

Los factores claves para un buen secado son:

1. Aire caliente a una temperatura de 40 a 70°C.
2. Aire con un bajo contenido de humedad.
3. Movimiento constante del aire.

Al calentar aire, que está a la temperatura ambiente y con un cierto porcentaje de humedad, aumenta su capacidad de absorber vapor de agua. Por cada 20°C de aumento de la temperatura del aire su capacidad de retener vapor de agua se triplica y por consecuencia su humedad relativa se reduce a un tercio.

Para eliminar la humedad de los alimentos, es necesario que el aire que pasa por los productos esté en constante movimiento y renovación. Esta ventilación se puede lograr en forma natural gracias al efecto chimenea o en forma forzada mediante ventiladores, dependiendo del modelo del secadero. Para obtener un buen secado, los productos tienen que ser colocados de tal forma que haya suficiente espacio entre las partes que los componen. Dentro de los tipos de secadores solares se pueden encontrar:

Secador tipo “armario”

Es un modelo complejo para secar todo tipo de alimentos, especialmente aquellos que necesitan mantener un buen color y proteger sus propiedades naturales. Consiste en una cámara de secado y un colector solar inclinado, unidos entre sí en la parte inferior de la cámara. En ésta se encuentran superpuestas varias bandejas de secado removibles con tejido. Las bandejas están protegidas por una puerta colocada en la pared trasera de la cámara. (Figura 9). Otro modelo lo constituye el secador solar tipo túnel. Este modelo sirve para pequeños emprendimientos industriales. Consiste en un túnel horizontal elevado con una base rígida de hierro y una cobertura transparente de lámina de polietileno de larga duración, igual que el tipo carpa. El túnel está dividido en sectores alternantes de colector y secador. Los primeros tienen la función de calentar el aire, que luego en los últimos es utilizado para el secado de los productos en las bandejas. (Figura 10)

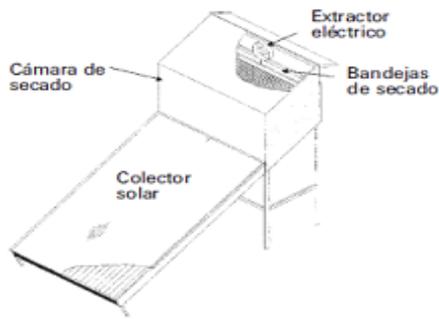


Figura 9. Secador solar tipo armario

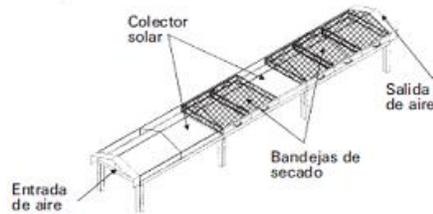


Figura 10. Secador solar tipo túnel

Dentro de los factores más importantes que influyen en el tiempo de secado se encuentran:

- ✓ Tipo de producto (mayor contenido de agua, mayor tiempo)
- ✓ Tamaño de los trozos del producto (más grande, mayor tiempo)
- ✓ Temperatura del aire (más elevada, menor tiempo)
- ✓ Humedad relativa del aire (más elevada, mayor tiempo)
- ✓ Velocidad del aire (más elevada, menor tiempo)

Ullah, (2017).en su estudio del impacto del caudal de aire en el secado de manzanas y evaluación del rendimiento a través de un colector solar demostraron que la eficiencia, la pérdida de humedad por hora y el tiempo de secado de las manzanas secadas por esta tecnología se vieron afectadas significativamente ( $P < 0.05$ ) por el diámetro del absorbedor. A partir de los resultados del experimento, se observó que el ambiente y la humedad relativa dentro del secado al mediodía se registraron hasta en un 38% y 8% respectivamente.

Ameria et al, (2018).con su estudio sobre el enfoque comparativo del rendimiento del secado solar directo e indirecto de lodos de plantas de aguas residuales, evaluación experimental y teórica, obtuvieron que en condiciones naturales y en temperaturas ambiente inferiores a  $32^{\circ}\text{C}$ , el secado indirecto proporciona altas temperaturas y eficiencia en comparación con el secado directo.

### 1.7.3 Lecho fluidizado

El procesamiento en lechos fluidizados implica el secado, enfriamiento, aglomeración, granulación y revestimiento de los materiales en gránulos.

Entre las principales ventajas que presenta este método se destacan:

1. Procesamiento uniforme. Este se logra haciendo pasar un gas esta técnica de secado, cabe destacar una elevada área superficial de contacto entre el sólido y el fluido.
2. Altas tasas de transferencia de masa y de calor entre ambos, y como consecuencia elevadas intensidades de secado en el producto.
3. Facilidad con la que los sólidos fluidizados pueden ser manejados.
4. Capacidad de separación de las partículas ya secas.
5. Elevada conductividad térmica interna efectiva en el interior de la cámara de tratamiento.

Como limitaciones se pueden citar:

1. La elevada tendencia al desgaste y a la aglomeración de las partículas fluidizadas.
2. Limitaciones operativas existentes tanto en el intervalo de velocidades del aire como en el tamaño de las partículas exigido para que estas puedan estar suspendidas en el lecho fluido (De la Fuente y col, 2004).

#### **1.7.4 Secado por atomización**

Una de las aplicaciones principales del secado por atomizado es en aquellos productos sensibles al calor que de otro modo pueden requerir de vacío y bajas temperaturas-siendo también uno de los métodos más apropiados para el secado de extractos acuosos de plantas conteniendo compuestos termolábiles.

Este tipo de secado pueden operar con altas temperaturas de ingreso de aire (150-300 °C) y su eficiencia de operación es comparable o mejor que la de otros tipos de secadores. En la cámara de secado el material sometido al tratamiento no entra en contacto directo con una superficie sólida hasta que ha llegado a ser secado evitándose así problemas de contaminación. La temperatura del producto es baja aun cuando la temperatura del secador sea alta; la evaporación tiene lugar en una superficie grande donde el tiempo del secado es bastante pequeño (1-10 seg.) y la temperatura de las partículas secas no se aproximará a la del aire de salida hasta que la mayor parte de agua haya sido evaporada, de esta manera se evita el sobrecalentamiento. El producto obtenido es un polvo con características de flujo libre y de granulación uniforme. Las etapas del secado por atomización son:

1. Atomización
2. Contacto spray-aire
3. Secado
4. Separación del producto

Algunos de los factores que hay que considerar en este proceso de secado son:

- ✓ Modelo y características del equipo.
- ✓ Propiedades y condiciones del producto a secar, flujo de alimentación.
- ✓ Diámetro medio y distribución de gotas.
- ✓ Flujo y patrón de flujo de aire.
- ✓ Carga calorífica del aire.
- ✓ Geometría de la cámara y forma de meseta del spray-aire.
- ✓ Distribución de temperatura dentro de la cámara.
- ✓ Tiempos de retención y de residencia.
- ✓ Acumulación del producto a secar.
- ✓ Pérdidas de calor.
- ✓ Características finales del producto.

#### **1.7.4.1. Ventajas del secado por atomización**

Dentro de las ventajas fundamentales podemos citar:

- ✓ Es una operación de un solo paso, de tiempo muy corto en el que se elimina muchas operaciones intermedias, como los de filtración, precipitación, cristalización y clasificación del tamaño de las partículas.
- ✓ La operación puede ser continua y puede secar grandes cantidades de producto.
- ✓ Las propiedades y calidad del producto se pueden variar y controlar:
- ✓ La densidad puede variar en un rango amplio.
- ✓ Se consiguen partículas de forma esférica que pueden ser huecas y sólidas, características que no se obtienen con otro tipo de secador.
- ✓ El tamaño de la partícula se puede variar, modificando las condiciones de operación.
- ✓ La calidad del producto se conserva porque es un proceso bastante rápido, y el material en la zona de secado está siempre húmeda, de tal manera que el producto no se sobrecaliente o degrade.
- ✓ Un producto que se está secando no toca las paredes del secador hasta que el producto está seco. Esto generalmente simplifica los problemas de corrosión y de selección de los materiales para su diseño.

#### **1.7.4.2. Desventajas del secado por atomización**

- ✓ Se obtiene bajas densidades volumétricas cuando se requiere lo contrario esto se da frecuentemente en el caso de materiales inorgánicos. Aún cuando la densidad volumétrica de un producto secado por este método está sujeto a variación, algunas veces no se puede alcanzar el mismo valor que el obtenido por otros tipos de secadores sin tener que hacer un tratamiento posterior de molienda.
- ✓ En general los secadores de este tipo son relativamente inflexibles, así un secador diseñado para la atomización final generalmente es incapaz de producir un producto de partículas más grandes.
- ✓ Frecuentemente los problemas de recolección de productos y de finos aumentan el costo de secado en un factor apreciable, especialmente cuando se requiere filtros mangas o columnas lavadores para recoger el polvo de salida del sistema ciclónico recolector (Siccha, 1995).

En el estudio sobre el secado por pulverización de jugos de frutas y verduras propuesto por (Tontul, (2017) se analizaron los efectos de las condiciones de secado en el rendimiento del producto y las propiedades físicas, además se obtuvo que el rendimiento del producto y las propiedades físicas del polvo final se ven afectados por diversos factores, incluido el material de soporte y su concentración agregada a la alimentación, velocidad de flujo de alimentación, atomización, velocidad/presión y temperatura de secado

El estudio de la producción de mango en polvo mediante secado por aspersión y secado con cinta de yeso, según los diagramas de estado muestran que los polvos de mango producidos por secado por atomización muestran una estabilidad ligeramente menor que las producidas por el secado con cinta fundida. El secado con cinta fundida es un adecuado procedimiento para la producción de polvos de mango y permite la producción de polvos a partir de pulpa de fruta entera, sin la adición de maltodextrina (Zotarelli et al., 2016).

### **1.7.5 Secado mediante liofilización**

Es un método de desecación en el que se elimina el agua por congelación del producto húmedo y posterior sublimación del hielo en condiciones de vacío. Al suministrar calor el hielo sublima y se evita el paso por la fase líquida. La liofilización o secado por congelación es un proceso en dos fases. En la primera fase el alimento está congelado, pudiéndose utilizar varias técnicas para ello. El tamaño de los cristales resultará influido por la velocidad de congelación, formándose cristales pequeños a mayores velocidades de congelación. Las dimensiones de los cristales afectan el subsiguiente, puesto que cristales pequeños originaran un tamaño de poro menor.

Las etapas del proceso de liofilización son:

1. Acondicionamiento de la materia prima.
2. Congelación
3. Sublimación
4. Ruptura de vacío
5. Almacenamiento
6. Rehidratación

Dentro de las ventajas fundamentales del proceso de liofilización podemos citar

- ✓ Valoración y potenciación de las producciones primarias
- ✓ Ausencia de temperaturas altas, por lo que previene el daño térmico.
- ✓ Conservación, fácil transporte y almacenamiento de los productos.
- ✓ Inhibición del crecimiento de microorganismos, estabilidad microbiológica.
- ✓ Recuperación de las propiedades del alimento al rehidratarlo.
- ✓ Ausencia de aditivos y conservante.
- ✓ Mantenimiento del valor nutricional del alimento.
- ✓ Empleo de vacío, estabilidad química.

Dentro de las desventajas fundamentales del proceso de liofilización podemos citar:

- ✓ Largo tiempo de procesamiento.
- ✓ Alto consumo de energía, en algunos casos.
- ✓ Costo de inversión inicial alto.

## **1.8 Análisis Multivariado**

### **1.8.1 Diseño de Experimentos**

Se entiende por diseño experimental la planeación de una serie de experimentos donde se varían los valores de las variables de entrada de un proceso o sistema y se miden los valores de la variable respuesta o variable de salida, generalmente con el fin de optimizarla en algún sentido.

El diseño estadístico de experimentos es el proceso de planear un experimento para obtener datos apropiados que puedan ser analizados mediante métodos estadísticos, con el propósito de producir conclusiones válidas y objetivas.

### **Conceptos Básicos en el Diseño de Experimentos**

Para comprender los términos utilizados dentro del diseño experimental se deben definir algunos conceptos como los siguientes:

*Tratamiento.* Es el conjunto de circunstancias que se crean específicamente para el experimento en respuesta a las hipótesis de investigación.

*Unidad Experimental.* Es la unidad física o el sujeto expuesto al tratamiento, independientemente de otras unidades. La unidad experimental constituye una réplica simple del tratamiento.

*Factores y niveles.* Un factor es una variable independiente, que puede variar a voluntad del experimentador. El término niveles, hace referencia a las distintas clases, dosis o cantidades de un factor. Un nivel puede ser entonces, una clase, estado o cantidad particular de un factor. Por ejemplo, si se comparan varias razas de cerdos, el factor es la raza y las diferentes razas corresponden a los niveles del factor raza. Si se estudia el efecto de una dieta, sobre la ganancia de peso en pollos, el factor es la dieta y las diferentes dosis o cantidades suministradas, son los niveles.

Como puede verse entonces, se pueden tener factores cualitativos o cuantitativos. Los factores cualitativos son aquellos para cuyos niveles no puede establecerse una noción de distancia. Cada nivel puede considerarse una clase y éstas pueden estar ordenadas o no, por ejemplo, los tipos de raza, diferentes métodos de aplicación, tipos de máquinas, operadores, etc. En nuestro ejemplo el factor cualitativo fue la presión, pues el experimento se corrió con o sin presión. Por otro lado, los factores cuantitativos son aquellos donde los diferentes niveles se expresan en valores numéricos definidos, que corresponden a determinadas cantidades de las variables bajo estudio. Por ejemplo temperatura, dosis, tiempo, etcétera.

*Factores Controlables y no Controlables.* Los factores controlables son aquellos factores o variables de entrada a las que se les puede asignar ciertos valores o niveles de operación, esto es, son manipulables. Los factores no controlables, también conocidos como factores de ruido, son aquellos que durante la operación del proceso quedan fuera del control del diseñador, como por ejemplo factores ambientales, ánimo de los operadores, calidad u homogeneidad del producto o materia prima recibida, etcétera.

*Error Experimental.* Este describe la variación observada entre idénticas unidades experimentales, tratadas independientemente. Se puede deber a varias causas, entre ellas: la variación natural entre unidades experimentales, la variabilidad al medir la respuesta, falta de habilidad al reproducir exactamente las mismas condiciones de una unidad a otra, la existencia de interacción entre unidades experimentales y los tratamientos, o bien algún otro factor extraño.

*Error Aleatorio.* Es la variabilidad observada que no se puede explicar por los factores estudiados y resulta del efecto de los factores no estudiados y del error experimental.

*Variable respuesta.* Es la característica o variable de salida cuyo valor interesa medir (Siqueiros, 2004).

### **Pasos a seguir para diseñar un experimento.**

Para poder diseñar bien un experimento es necesario comprender totalmente el problema que se desea estudiar, elegir las variables más apropiadas y sus niveles de uso, definir la(s) respuesta(s) a evaluar, el diseño experimental a utilizar, realizar el experimento, analizar los datos y obtener las conclusiones correspondientes. Todas estas actividades podemos resumirlas en: planeación, análisis e interpretación.

*Planeación.* En la elección de las variables a utilizar durante el experimento, juega un papel de gran importancia la experiencia previa del experimentador, así como el nivel de conocimientos del problema específico. La elección inapropiada de los niveles de las variables se traduce en la obtención de respuestas fuera de niveles operables. Por ejemplo, la elección de niveles inapropiados de temperatura en el proceso de desodorización nos daría una respuesta tal vez fuera del rango que buscamos.

*Análisis.* Se debe tener idea de diseño de experimentos para poder seleccionar el mejor diseño y realizar el análisis de varianza más adecuado, pues se tiene que describir de la mejor manera posible el comportamiento de los datos.

*Interpretación.* Después del análisis estadístico se deben explicar estos resultados en términos del problema planteado, verificar las conjeturas iniciales, seleccionar el mejor tratamiento, y deducir los nuevos Conocimientos encontrados sobre este proceso.

En muchas ocasiones el experimento contempla dos o más factores y los diseños conocidos como diseños factoriales son generalmente los más adecuados en estos casos. El experimento factorial, en su concepto, está restringido a un tipo especial de diseño de tratamientos que abarca todos los tratamientos posibles que resultan de combinar cada uno de los diferentes niveles de cada factor a estudiar, lo que quiere decir, que cada tratamiento es una combinación de un nivel de cada uno de los factores involucrados en la investigación.

Entre las ventajas de utilizar experimentos factoriales, se pueden mencionar:

- ✓ Los diseños pueden aumentarse para formar diseños compuestos en el caso de que se requiera una exploración más completa.
- ✓ Cuando el número de combinaciones de tratamientos es muy grande, se pueden utilizar fracciones del diseño factorial, que son muy útiles en las primeras etapas de una investigación.
- ✓ Estos diseños pueden combinarse con diseños por bloques, cuando hay restricciones en la aleatorización.
- ✓ El cálculo de los efectos en un diseño factorial es muy sencillo.

Aunque hay que mencionar que el utilizar estos diseños tiene también sus desventajas, entre las cuales están:

- ✓ A medida que se incrementa el número de factores o de niveles, el diseño factorial se hace impráctico, debido a las limitaciones de material experimental o de recursos.
- ✓ Cuando aumenta el número de factores, se dificulta la interpretación de interacciones de orden superior.

A pesar de estas desventajas, el procedimiento factorial es de innegable importancia, y puede ser aplicado a muy variadas situaciones (Siqueiros, 2004).

### **1.8.2 Criterios de Expertos**

Este método nos permite consultar un conjunto de expertos para validar nuestra propuesta sustentada en sus conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos, etc. Da la posibilidad a los expertos de analizar el tema con tiempo sobre todo si no hay posibilidades de que lo hagan de manera conjunta. Casi siempre sus ocupaciones lo impiden por los niveles de responsabilidad de cada uno y la dispersión de los lugares de ubicación de los mismos. Esta vía se caracteriza por permitir el análisis de un problema complejo dando independencia y tranquilidad a los participantes, es decir, a los expertos. Siempre se comenzaría este proceso enviando un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y los resultados que se desean obtener (Corral, 2009).

A partir de los métodos de secado estudiados en este capítulo se evidencia una tendencia de aplicación del método de deshidratación osmótica combinado con el secado solar sobre todo por el ahorro de energía que trae aparejado, bajo costo de adquisición además de garantizar la correcta transferencia agente osmótico-fruta de manera sencilla y fácil. En nuestro país es

necesario el empleo de un método con estas características para la deshidratación combinada de las frutas

## *Capítulo II*



## CAPÍTULO II METODOLOGÍA PARA LA DESHIDRATACIÓN COMBINADA DE LA PAPAYA

En este capítulo se desarrollará la metodología mostrada en el Diagrama Heurístico de la Figura 2.1. Este procedimiento contribuye a determinar la vía de solución del problema abordado, siendo imprescindible partir de un diseño de experimentos y la selección de las variables a controlar que contribuyan a la elaboración de un modelo estadístico.

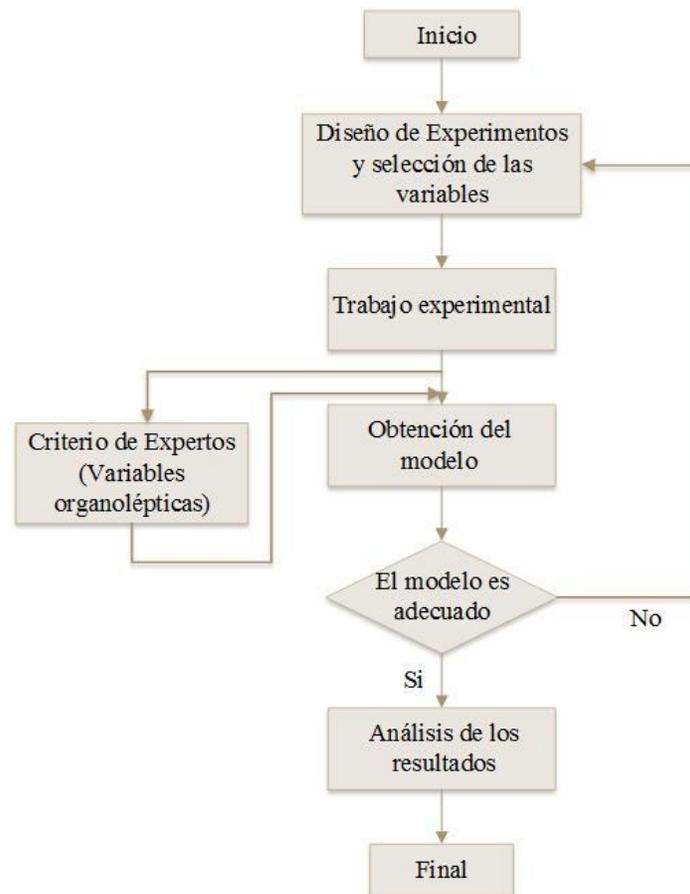


Figura 2.1 Esquema de Trabajo. Fuente (Elaboración Propia)

### 2.1 Trabajo experimental

El trabajo experimental para el proceso de deshidratación combinada comprende varias etapas como se muestra en el siguiente diagrama de flujo (Figura 2.2). Desde la recepción de la fruta hasta la etapa de secado solar como complemento del proceso.

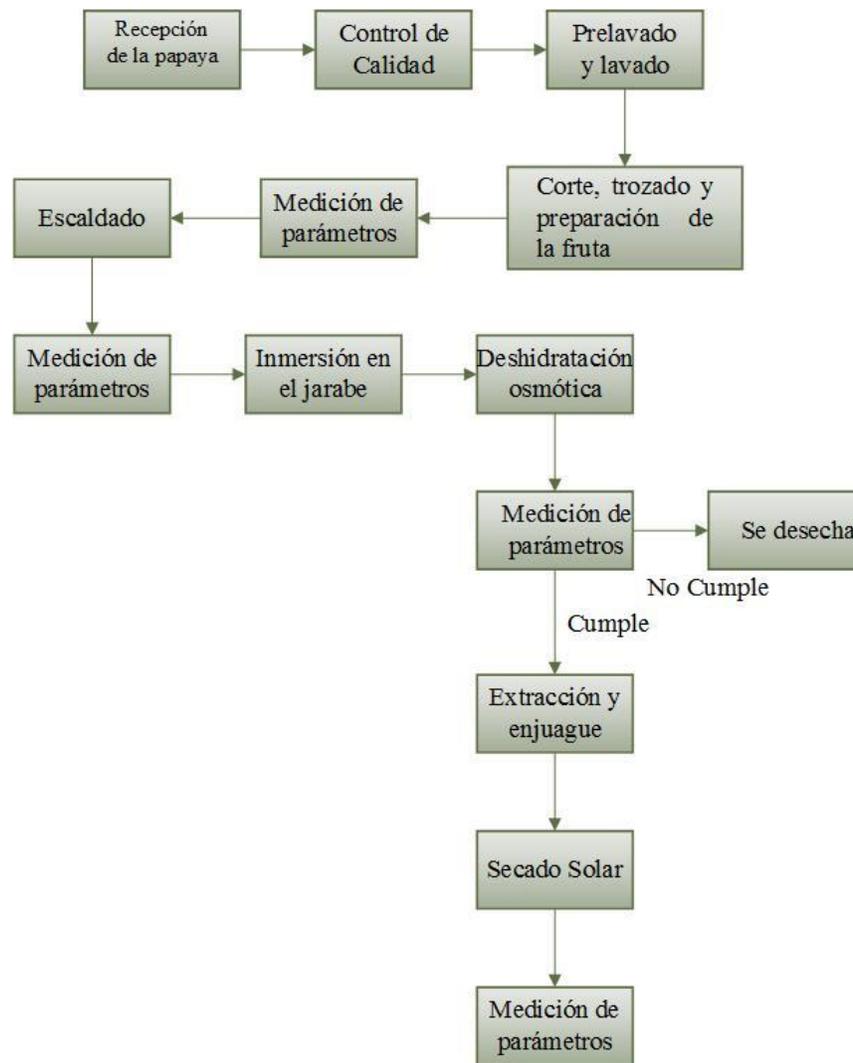


Figura 2.2. Diagrama de flujo. Fuente (Elaboración Propia)

### 2.1.1 Descripción de las etapas del trabajo experimental.

#### ✓ Recepción de la papaya:

La fruta puede ser adquirida a través de centros comerciales que se dediquen a la comercialización de la papaya 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 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:

La fruta una vez 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 <sup>0</sup>Brix, la Temperatura y el Peso.

✓ Escaldado:

Para la realización del escaldado se sumergirá la fruta en un recipiente de aluminio con agua a una temperatura que oscila entre 60 <sup>0</sup>C y 80 <sup>0</sup>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 (SO) 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 <sup>0</sup>Brix, el % de H<sub>2</sub>O y la temperatura de la SO cada cierto tiempo. Se debe mantener la solución con una leve agitación a fin de asegurar que la solución en contacto con la fruta tenga 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 volverán a medir los <sup>0</sup>Brix, el Peso y la Temperatura de la fruta.

✓ Extracción y escurrido:

Las rodajas de papaya se deben extraer con el mayor cuidado posible para no dañar el producto y se escurrirá 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.

### **2.1.1.1 Recursos materiales disponibles**

#### **2.1.1.2 Recursos físicos**

✓ Laboratorio del Departamento de Química de la Universidad de Cienfuegos Sede "Carlos Rafael Rodríguez".

#### **2.1.1.3 Materiales y equipos**

✓ Materia prima

La materia prima disponible para el análisis fueron las piñas adquiridas a través de la Unidad Estatal Básica (UEB) Comercializadora Frutas Selectas para un total de nueve una por experimento (Figura 2.3).

#### Equipos

La cristalería utilizada fueron un Vidrio reloj, Beaker y un termómetro de mercurio con un rango de medición de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$  (Figura 2.4) , así como los equipos utilizados con sus características técnicas son presentados en las tablas 2.1-2.6.



Figura 2.3. Rodajas de papaya. Fuente (Elaboración propia)



Figura 2.4. Cristalería utilizada. Fuente (Elaboración Propia)

Tabla 2.1 Características técnicas Refractómetro óptico Movel VBR 32T.

Marca	Movel	
Modelo	VBR 32T	
Rango de medición	0-32 % Brix	
Resolución	0,2 %	
Tamaño (mm)	27x40x160	
Precisión	+/- 0,2 %	

Figura 2.5. Refractómetro óptico VBR 32T. Fuente (Elaboración Propia)

Fuente (Elaboración Propia)

Tabla 2.2 Características técnicas Refractómetro óptico Movel COMNHKPR 143478.

Marca	Aqueous Lab	
Modelo	COMNHKPR 143478	
Rango de medición	58-90 % Brix	
Compensación Automática de Temperatura	0-30 °C	
Tamaño (mm)	175	

Figura 2.6. Refractómetro óptico Aqueous Lab. Fuente (Elaboración Propia)

Fuente (Elaboración Propia)

Tabla 2.3 Características técnicas del Termómetro dual de temperatura y humedad relativa.

Marca	Testo	
Modelo	610	
Rango de temperatura	-10 °C a 50 °C	
Rango de humedad relativa	0 a 100 %	

Tamaño (mm)	119x46x25	Figura 2.7. Termómetro dual. Fuente (Elaboración Propia)
-------------	-----------	---

Fuente (Elaboración Propia)

Tabla 2.4 Características técnicas de la Balanza analítica

Marca	Sartorius	
Modelo	BS 124 S	
Peso Máximo	120 g	

Fuente 2.8. Balanza analítica.  
Fuente (Elaboración Propia)

Fuente (Elaboración Propia)

Tabla 2.5 Características técnicas de la Batidora Braun.

Marca	Braun	
Potencia:	200 W	

Figura 2.9. Batidora.  
Fuente (Elaboración Propia)

Fuente (Elaboración Propia)

Tabla 2.6 Características técnicas de la Hornilla de calentamiento LIYA.

Marca	LIYA	
Modelo	EM-1 SB EXP	
Voltaje (V)	120	
Frecuencia (Hz)	60	
Potencia eléctrica (W)	1200	

Figura 2.10. Hornilla de Calentamiento.  
Fuente (Elaboración Propia)

Fuente (Elaboración Propia)



Figura 2.11. Secador Solar

Fuente (Elaboración Propia)

## 2.2 Diseño de Experimentos

Existen muchos diseños experimentales para estudiar la gran diversidad de problemas o situaciones que ocurren en la práctica. Esta cantidad de diseños hace necesario saber cómo elegir el más adecuado para una situación dada y, por ende, es preciso conocer cómo es que se clasifican los diseños de acuerdo con su objetivo y su alcance (Pulido, 2008).

Para efectuar el diseño de experimento de la presente investigación se tienen en cuenta los siguientes aspectos planteados por (Pulido, 2008):

- El objetivo del experimento.
- El número y tipo de factores a estudiar.
- El número de niveles que se prueban en cada factor.
- Los efectos que interesa investigar (relación factores-respuesta).
- El costo del experimento, tiempo y precisión deseada.

El diseño de experimento por regla general debe comenzar con la formulación de un problema estadístico que permita analizar los efectos de diferentes factores sobre la variable respuesta.

### 2.2.1 Definición del problema estadístico

La papaya (*Carica papaya*) es una fruta con un alto contenido en agua por lo que la hace muy perecedera y por ende resulta conveniente disminuir su peso mediante un tratamiento de deshidratación combinada. Se desea comparar como varían las propiedades organolépticas, así como los °Brix, el Peso y la Temperatura de la fruta en nueve diferentes SO en diferentes condiciones iniciales de concentración y temperatura ambiente. Para controlar este efecto se han seleccionado 9 piñas una para cada SO. Los tratamientos aplicados se miden cada 20 minutos por un periodo de 8 horas, esta es tratada como una variable de bloque.

### 2.2.2 Selección de los factores a estudiar, número y magnitud de los niveles de estos

Las muestras no son independientes entre sí ya que el objeto bajo estudio es el mismo.

- ✓ Unidad experimental: La papaya.
- ✓ Factor: Deshidratación combinada de la papaya.
- ✓ Niveles del factor: 6 Soluciones osmóticas.

Soluciones osmóticas : (F, F\_R, JS\_ABD, MA, MA\_R, JS\_AC)

Donde

F: Fructosa

F\_R: Fructosa rebajada

JS\_ABD: Jarabe de Sacarosa (Azúcar Blanco Directo)

MA: Miel de Abeja

MA\_R: Miel de Abeja rebajada

JS\_AC: Jarabe de Sacarosa (Azúcar Crudo)

### 2.2.3 Selección de las variables

Variables de entrada

$^{\circ}\text{Bx}$ :  $^{\circ}\text{Brix}$  de la SO ( $^{\circ}\text{Bx}$ )

% H<sub>2</sub>O: % de Agua de la SO (%)

T<sub>so</sub>: Temperatura de la SO ( $^{\circ}\text{C}$ )

Variables de respuesta

$P_f$ : Peso de la fruta (g)

$^{\circ}\text{Bx}_f$ :  $^{\circ}\text{Brix}$  de la fruta ( $^{\circ}\text{Bx}$ )

$T_f$  : Temperatura de la fruta ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 2.2.4 Selección del Diseño Experimental.

Por las características que presentan los datos se propone entonces realizar un diseño del tipo 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.

El modelo correspondiente a este tipo de diseño esta expresado en la ecuación 2.1:

$$y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij} \quad (2.1)$$

donde:

$y_{ij}$ : Es la observación

$\tau_j$ : Efecto del factor

$\mu$ : Media global

$\epsilon_{ij}$ : Efecto del error aleatorio

### **2.2.5 Pruebas experimentales**

El control de la fruta se realiza en tres momentos para la temperatura y los °Brix:

1. Control de la fruta al inicio.
2. Control de la fruta después del escaldado
3. Control de la fruta después de la deshidratación.

El peso de la fruta se mide en cuatro momentos:

1. Control de la fruta al inicio.
2. Control de la fruta después del escaldado
3. Control de la fruta después de la deshidratación.
4. Control de la fruta después del secado.

Para las SO se midió la Temperatura, los °Brix y el % de Agua cada 20 min por un periodo de 8 horas.

### **2.2.6 Análisis estadístico de los datos obtenidos del experimento.**

El procedimiento estadístico se realizó de la siguiente forma:

1. Análisis de documentos para encontrar la información necesaria para comenzar las investigaciones. Realizado en el capítulo 1.
2. Recogida de los datos, a través de la toma de muestras, para la recopilación de la información que permita generar nuevos conocimientos.
3. El análisis exploratorio de los datos fue realizado para identificar los modelos más adecuados para representar la población de la cual proceden los datos muestrales. Dicho análisis se basa en observar el comportamiento de la normalidad sobre las variables de estudio, necesaria para que los resultados de los análisis estadísticos sean fiables.
4. Análisis del efecto de las soluciones osmóticas sobre la temperatura, el peso y el Brix de la fruta, para verificar si las soluciones osmóticas tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la fruta.

5. Análisis de la variabilidad en el proceso para para conocer si éste opera alrededor de las especificaciones que hemos fijado.

- ✓ Analizar la variabilidad de los °Brix, el % de Agua y la Temperatura en las soluciones osmóticas.
- ✓ Analizar la variabilidad de Temperatura, la Pérdida de Peso y los °Brix en la fruta.
- ✓ Analizar la variabilidad de los °Brix, el % de Agua y la Temperatura de las soluciones osmóticas en el tiempo.
- ✓ Analizar la variabilidad de la Temperatura, la Pérdida de Peso y los °Brix de la fruta en el tiempo.

### 2.3 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 papaya osmóticamente deshidratadas en diferentes soluciones osmóticas después de finalizada la etapa experimental. Para ello se debe de seleccionar los expertos a consultar y analizar su nivel de competencia

#### 2.3.1 Elección de los expertos a consultar

Para este análisis se utiliza la metodología elaborada por el Comité Estatal para la Ciencia y la Técnica de Rusia, elaborado en 1971, para la determinación de la competencia de los expertos.

1. Primeramente, se debe confeccionar un listado inicial de personas posibles de cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar, previamente consultada su disposición para participar Cada experto desconoce la identidad de los demás integrantes solo el administrador de la encuesta puede identificar a cada participante y sus respuestas. Se les asegurará su anonimato, en el sentido que ninguna de sus declaraciones u opiniones será atribuida a ellos por su nombre.
2. En una segunda etapa se realizará una valoración sobre el nivel de experiencia que poseen, evaluando de esta forma los niveles de conocimientos que presentan sobre la materia. Se les realiza una primera pregunta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión.

La tabla 2.7 presenta una representación de la autoevaluación del candidato en un a escala de 0 a 10.

Tabla 2.7. Modelo de autoevaluación del candidato. Fuente (Elaboración Propia)

<b>Expertos</b>	<b>n</b>		
	1	...	10

I			
...			
XV			

### 2.3.1.1 Determinación del Coeficiente de Competencia ( $K$ ) para cada experto

Para la determinación del Coeficiente de Competencia ( $K$ ) se debe hallar el coeficiente de conocimiento ( $K_c$ ) así como el Coeficiente de Argumentación ( $K_a$ ) de cada experto.

#### Coeficiente de conocimiento $K_c$

El coeficiente de conocimiento  $K_c$  que valora los niveles de información y argumentación que tienen los expertos sobre el tema en cuestión puede ser determinado mediante la ecuación 2.2

$$K_c = n * (0,1) = \frac{n}{10} \quad (2.2)$$

Dónde:

$K_c$ : Coeficiente de Conocimiento o Información

n: Rango seleccionado por el experto

#### Coeficiente de Argumentación ( $K_a$ )

Debe realizarse una segunda pregunta que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar, la tabla 2.8 presenta las fuentes argumentación o fundamentación en sus tres criterios (Alto, Medio, Bajo).

Tabla 2.8. Fuentes argumentación o fundamentación en sus tres criterios. Fuente (Elaboración Propia)

Fuentes de argumentación o fundamentación		Alto	Medio	Bajo
1	Su experiencia teórica			
2	Su experiencia práctica			
3	Bibliografía nacional consultada			
4	Bibliografía internacional consultada			
5	Su conocimiento del estado del problema			
6	Su intuición			

Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permiten calcular el Coeficiente de Argumentación ( $K_a$ ) de cada experto dada por la ecuación 2.3:

$$K_a = \sum n_i = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 \quad (2.3)$$

Dónde:

$K_a$ : Coeficiente de Argumentación

$n_i$ : Valor correspondiente a la fuente de argumentación  $i$  (1 hasta 6)

Una vez obtenido los valores del Coeficiente de Conocimiento ( $K_c$ ) y el Coeficiente de Argumentación ( $K_a$ ) se puede determinar el Coeficiente de Competencia ( $K$ ) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad que experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente ( $K$ ) se calcula por la ecuación 2.4:

$$K = 0,5 * (K_c + K_a) = \frac{(K_c + K_a)}{2} \quad (2.4)$$

Dónde:

$K$ : Coeficiente de Competencia

$K_c$ : Coeficiente de Conocimiento

$K_a$ : Coeficiente de Argumentación

El Coeficiente de Competencia  $K$  permite clasificar a los expertos en función de parámetros establecidos. La tabla 2.9 presenta esta clasificación.

Tabla 2.9. Rangos de Coeficiente de Competencia  $K$ . Fuente (Elaboración Propia)

<b>Grado de competencia</b>	<b>Coeficiente de Competencia K</b>
Alto	$0,8 \leq K \leq 1,0$
Medio	$0,5 \leq K < 0,8$
Bajo	$K < 0,5$

Se debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, no obstante, se puede valorar si se utiliza expertos de competencia media en caso de que el coeficiente de competencia promedio de todos los posibles expertos sea alto, pero nunca se utilizará expertos de competencia baja.

Para la confección del listado de expertos, se tendrá en cuenta el coeficiente de competencia, pero también es importante analizar la calidad de cada uno de ellos: su conducta activa, su juicio autocrítico, su ética en la discusión, su creatividad y disposición en la solución del problema, su capacidad de análisis y pensamiento para resolver de forma eficiente una problemática que exija un criterio que enfrente marcos tradicionales o actuales, además su posibilidad real de participación.

### 2.3.2 Análisis de valoración de aspectos (Método Delphi)

Este proceso permite consultar un conjunto de expertos para validar la propuesta sustentada en sus conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos, etc. Da la posibilidad a los expertos de analizar el tema con tiempo, casi siempre sus ocupaciones lo impiden por los niveles de responsabilidad de cada uno. Generalmente los rangos de valoración son 5, es decir, Inadecuado, Poco Adecuado, Adecuado, Bastante Adecuado y Muy Adecuado a los que se le asigna un valor numérico del 1 al 5 en el mismo orden.

Previamente se construye una tabla de Aspectos a Evaluar / Rangos de Valoración (de 1 a 5) donde se registran los criterios de los expertos en cada rango de valoración para los diferentes aspectos a evaluar. Es evidente que esta tabla debe ser única por cada experto.

Tabla 2.10. Modelo de tabla de Aspectos a Evaluar / Rangos de Valoración. Fuente (Elaboración Propia)

Aspectos a Evaluar	Inadecuado	Poco Adecuado	Adecuado	Bastante Adecuado	Muy Adecuado
1					
(...)					
n					

Los pasos son:

- Obtención de la tabla de frecuencia observada, suma de las valoraciones por aspectos de cada experto.
- Obtención de la tabla de frecuencia acumulativa.
- Obtención de la tabla de frecuencia acumulativa relativa.
- Asignación a partir de la tabla de Z de la distribución normal, del valor de la imagen que corresponde a cada frecuencia acumulativa relativa obtenida.
- Obtención de los puntos a través del cálculo de N-P, donde:

$$N = \frac{\textit{Sumatoria de la suma por aspectos}}{\textit{No.de rangos de valoracion * No.de aspectos}} \quad (2.5)$$

$$P = \textit{Promedio por aspectos} \quad (2.6)$$

Se divide la recta por categorías a partir de los Puntos de Corte y se ubican los puntos N-P para determinar la categoría de cada aspecto.

$$\text{Puntos de Corte} = \frac{\text{Sumatoria Rangos de Valoración}}{\text{No. de Aspectos a Evaluar}} \quad (2.7)$$

### **2.3.3 Análisis de la información obtenida.**

Con estos resultados se pueden otorgar los respectivos rangos de valoración a cada aspecto analizado, es decir, Muy Adecuado, Bastante Adecuado, Adecuado, Poco Adecuado e Inadecuado o sencillamente otorgarle un grado de jerarquía del 1 al 5 respectivamente.

Estos valores tipificados se envían a los expertos junto con la tabla inicial donde se encuentran los criterios emitidos y se les solicita su opinión.

Si hay variación respecto a lo que plantearon inicialmente, se vuelven a procesar los nuevos rangos de valoración con el mismo procedimiento y se consultan las veces que sea necesario hasta que no haya más modificaciones en los criterios.

Se realizan cuantas vueltas sean necesarias hasta que los expertos decidan no variar más su opinión.

### **2.3.4 Análisis de la concordancia en la valoración de aspectos (Coeficiente de Kendall)**

Después de obtener una proposición final en la consulta a los expertos necesitamos demostrar su confiabilidad, debemos probar el nivel de acuerdo entre los expertos para otorgar mayor autenticidad a nuestro estudio, es preciso comprobar el grado de coincidencia de las valoraciones realizadas por los expertos.

Se utiliza entonces el Coeficiente de Concordancia de Kendall, que constituye un estadígrafo muy útil en estudios de confiabilidad entre expertos de una materia, al determinar la asociación entre distintas variables. Es una medida de coincidencia entre ordenaciones que pueden ser objetos o individuos. En este caso el coeficiente concordancia (W) será un índice de la divergencia del acuerdo efectivo entre los expertos mostrado en los datos del máximo acuerdo posible (perfecto).

Para la aplicación del Coeficiente de Concordancia de Kendall (W), se construye una tabla Aspectos a evaluar / Expertos donde se asientan en una tabla los rangos de valoración (en términos numéricos, 1 a 5) asignados a cada aspecto evaluado contra cada uno de los expertos, siempre tomando los datos a partir de la tabla que se usó en el Método Delphi, o sea, la tabla de

Aspectos / Rangos de Valoración donde se encuentran los criterios de los expertos y los rangos de valoración.

Tabla 2.11. Tabla de rangos de valoración. Fuente (Elaboración Propia)

Aspectos a Evaluar	Experto 1	Experto 2	Experto 3	(...)	Experto n
1					
(...)					
n					

#### 2.3.4.1 Análisis de la concordancia en la valoración de aspectos

- ✓ Determinación de la suma de los valores numéricos asignados a cada aspecto a evaluar, según la apreciación del experto ( $R_j$ )
- ✓ Determinación del valor medio de las  $R_j$ , dada por la sumatoria de los  $R_j$  entre  $N$ , total de aspectos a evaluar.
- ✓ Determinación de la desviación media, dada por la diferencia entre cada  $R_j$  y el valor de la media.
- ✓ Determinación de la suma de los cuadrados de las desviaciones medias,  $S$ .
- ✓ Determinación del cuadrado del número total de expertos,  $K$ .
- ✓ Determinación del cubo del número total de aspectos a evaluar,  $N$ .
- ✓ Determinación de la diferencia entre el cubo de  $N$  y  $N$  y su multiplicación por el cuadrado de  $K$ .
- ✓ Determinación del estadígrafo que responde a la siguiente expresión:

$$W = \frac{12 S}{K^2 * (N^3 - N)} \quad \checkmark \quad (2.8)$$

En la prueba estadística Coeficiente de Concordancia de Kendall ( $W$ ), el coeficiente  $W$  ofrece el valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos. El valor de  $W$  oscila entre 0 y 1. El valor de 1 significa una concordancia de acuerdos total y el valor de 0 un desacuerdo total. Obviamente la tendencia a 1 es lo deseado pudiéndose realizar nuevas rondas si en la primera no es alcanzada significación en la concordancia.

## 2.4 Obtención del 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.

Para describir la relación entre el peso de la fruta y las variables independientes se puede fundamentar mediante un análisis de varianza a través de una prueba de hipótesis. Los pasos 1-5 siguiente describen las etapas para la obtención del modelo.

### 1. Análisis de Varianza

El primer paso consiste en realizar un análisis de varianza para describir la relación entre el peso de la fruta y las variables independientes, este permite comparar mediante el *Valor-P* y las hipótesis propuestas si existe una fuerte relación entre las variables descritas para el estudio. La tabla 2.12 presenta un ejemplo de cómo mediante un análisis de varianza se puede describir esta relación.

Tabla 2.12. Análisis de varianza propuesto para describir la relación entre el peso de la fruta y las variables independientes.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo					
Residuo					
Total (Corr.)					

### 2. Formulación de las hipótesis a evaluar

Para la mayoría de los análisis de este tipo es necesario evaluar correctamente las hipótesis para la investigación. De aquí que estas deben de guardar claramente los objetivos que se persiguen en el estudio. Para este caso se pueden formular de la siguiente manera:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** no existe diferencias entre el peso de la fruta y las variables independientes

**Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** existe diferencias entre el peso de la fruta y en al menos una de las variables independientes.

### 3. Elección del nivel de significancia de la prueba

La elección del nivel de significancia de la prueba es un paso importante ya que permite aceptar o rechazar cualquier hipótesis con un grado de certeza adecuado. Para la mayor parte de las pruebas es comúnmente utilizado un nivel de significancia  $\alpha=0,05$  o se un 95 % de confianza en las pruebas.

### 4. Teoría de decisión

La teoría de decisión permite aceptar o rechazar una de las dos hipótesis formuladas. Por ejemplo, se puede rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor de 0,05.

### 5. Decisión

La decisión final está basada en la comparación entre los resultados de la tabla ANOVA con el nivel de significancia  $\alpha$  para verificar si existe relación estadísticamente significativa entre las variables. Una vez comparado esta condición es posible presentar el modelo ajustado para estas variables además de considerar el estadístico- $R^2$  cuya correlación entre las variables se considera adecuada para valores mayores de 0,75.

## *Capítulo III*



### CAPITULO III. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se parte del análisis experimental para cada una de las soluciones consideradas en el estudio. Para ello fueron utilizados los programas Statgraphics para el procesamiento experimental y el programa SPSS para el análisis de criterio de expertos. Este último permitió seleccionar la solución que mejores propiedades organolépticas mantuvo para la fruta de allí que fue utilizada esta solución para la elaboración de un modelo estadístico.

#### 3.1 Análisis estadístico de los datos obtenidos del experimento

##### 3.1.1 Análisis exploratorio de los datos.

El análisis estadístico de los datos del experimento posibilita caracterizar si la media o mediana son buenos estadígrafos para el estudio.

Los valores del sesgo estandarizado y de curtosis estandarizada, no se encuentran dentro del intervalo esperado (-2 a +2) para los °Brix, el % de Agua y la temperatura de la solución osmótica, lo cual indica que no provienen de una distribución normal (Tabla 3.1-3.3), de ahí que no hay un elevado grupo de observaciones alrededor de los valores centrales de la variable. De lo anterior se concluye que el promedio (media) no es un buen estimador, por lo que se utilizará la mediana.

Tabla 3.1. Resumen estadístico para los °Brix de la SO.

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
GBrix_SO.Fructosa	0,700772	-2,31826
GBrix_SO.Fructosa rebajada	5,49546	4,93685
GBrix_SO.Jarabe Sacarosa BD	1,69243	-2,12528
GBrix_SO.Miel de Abeja	1,43771	-2,00492
GBrix_SO.Miel de Abeja rebajada	0,190763	-2,47512
GBrix_SO.Jarabe de Sacarosa AC	2,12803	-1,33709
<b>Total</b>	<b>2,19066</b>	<b>-3,64643</b>

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

Tabla 3.2. Resumen estadístico para el % de Aguade la SO.

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
%_Agua_SO.Fructosa	-1,23274	-2,15155
%_Agua_SO.Fructosa rebajada	-2,32878	-1,03119
%_Agua_SO.Jarabe de Sacarosa BD	-1,64606	-2,14748
%_Agua_SO.Miel de Abeja	-1,3785	-2,0535
%_Agua_SO.Miel de Abeja rebajada	-0,240077	-2,46523
%_Agua_SO.Jarabe de Sacarosa AC	-2,11427	-1,34435
<b>Total</b>	<b>-2,43738</b>	<b>-3,72741</b>

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

Tabla 3.3. Resumen estadístico para la temperatura de la SO.

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Temperatura_SO.Fructosa	<b>0,722329</b>	<b>0,203593</b>
Temperatura_SO.Fructosa rebajada	-20,2954	57,6711
Temperatura_SO.Jarabe de Sacarosa BD	0,0366735	-2,05666
Temperatura_SO.Miel de Abeja	-0,815889	2,31168
Temperatura_SO.Miel de Abeja rebajada	-0,150201	-0,908143
Temperatura_SO.Jarabe de Sacarosa AC	2,39806	0,298464
<b>Total</b>	<b>-14,2611</b>	<b>54,919</b>

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

En el caso de la temperatura, el % de agua y los °Brix de la fruta los valores del sesgo estandarizado y de curtosis estandarizada, si se encuentran dentro del intervalo esperado (-2 a +2), lo cual indica que provienen de una distribución normal (Tabla 3.4-3.6) por lo que el promedio (media) si es un buen estimador para estas variables.

Tabla 3.4. Resumen estadístico para la temperatura de la fruta.

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Temperatura de la Fruta. Fructosa	0,76255	-0,827644
Temperatura de la Fruta. Fructosa rebajada	0,832373	-1,03394
Temperatura de la Fruta. Jarabe de Sacarosa BD	0,580776	-1,00913
Temperatura de la Fruta. Miel de Abeja	0,910174	-1,0485
Temperatura de la Fruta. Miel de Abeja a 73 Grados Brix	0,835065	-1,02491
Temperatura de la Fruta. Jarabe de Sacarosa AC	0,242316	-1,04492
<b>Total</b>	<b>2,24726</b>	<b>0,36485</b>

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

Tabla 3.5. Resumen estadístico para el peso en la fruta.

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Peso_Fruta.Fructosa_66	-1,50153	-0,421461
Peso_Fruta.Fructosa_61	-1,37667	-0,404494
Peso_Fruta.Jarabe azúcar BD_70	-0,348257	-0,275427
Peso_Fruta.Miel de Abeja_78_5	-0,494348	-0,630153
Peso_Fruta.Miel de Abeja_73	-0,997754	-0,517407
Peso_Fruta.Jarabe de azúcar C_70	-0,015564	-1,04216
<b>Total</b>	<b>3,3007</b>	<b>-0,823415</b>

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

Tabla 3.6. Resumen estadístico para los °Brix en la fruta.

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Brix_Fruta.Fructosa_66	0,905882	-1,04032
Brix_Fruta.Fructosa_61	0,898558	-1,04237
Brix_Fruta.Jarabe azucar BD_70	0,863793	-1,0328
Brix_Fruta.Miel de Abeja_78_5	0,878704	-1,04383
Brix_Fruta.Miel de Abeja_73	0,922748	-1,04181
Brix_Fruta.Jarabe de Azucar C_70	0,911993	-1,05011
<b>Total</b>	<b>1,90194</b>	<b>-2,18206</b>

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

### 3.1.2 Análisis del efecto de las soluciones osmóticas sobre la temperatura, el peso y el Brix de la fruta.

El análisis del efecto de las soluciones osmóticas sobre la temperatura, el peso y los °Brix de la fruta fue realizado a través de pruebas ANOVA. A partir de esto se observó que las soluciones osmóticas tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la fruta. Las Tablas 3.7-3.9 presentan el efecto de la temperatura, el peso y los °Brix en la fruta

Tabla 3.7. Efecto de la Temperatura en la fruta

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Deshidratación osmótica	177,122	5	35,4244	89,74	0,0000
B:BLOQUE	142,856	2	71,4278	180,94	0,0000
RESIDUOS	18,1591	46	0,394763		
TOTAL (CORREGIDO)	338,137	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

Los pasos a seguir para el análisis de los efectos de las variables en la fruta son:

#### **Paso-1 Hipótesis**

Hipótesis nula: los factores no tienen un efecto estadísticamente significativo sobre temperatura de la fruta.

Hipótesis alterna: los factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre temperatura de la fruta.

**Paso-2 Elección del nivel de significancia de la prueba:** 0,05.

**Paso-3 Teoría de decisión:** Rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el valor-P < 0,05.

**Paso-4 Decisión:** Puesto que 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Temperatura con un 95,0% de nivel de confianza.

**Paso-5 Conclusión:** las soluciones osmóticas tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Temperatura.

Tabla 3.8. Efecto del peso en la fruta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Deshidratación combinada	13357,8	4	3339,45	61,74	0,0000
B:BLOQUE	5941,95	3	1980,65	36,62	0,0000
RESIDUOS	3461,75	64	54,0898		
TOTAL (CORREGIDO)	22761,5	71			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

Tabla 3.9. Efecto del Brix en la fruta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Deshidratación Combinada	30,0545	5	6,01091	10,25	0,0000
B:BLOQUE	4176,0	2	2088,0	3561,52	0,0000
RESIDUOS	26,9683	46	0,586267		
TOTAL (CORREGIDO)	4233,02	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Fuente: Elaboración Propia a partir del software Statgraphics

### 3.2 Análisis de la variabilidad en el proceso.

#### 3.2.1 Análisis de la variabilidad de los Grados Brix, el porcentaje de agua y la temperatura en las soluciones osmóticas.

En cuanto a los <sup>0</sup>Brix de las soluciones osmóticas se observó diferencias significativas, el de menor valor se notó en la fructosa a 61 <sup>0</sup>Brix rebajada mientras que el de mayor valor se observó en la miel de abeja a 78,5 <sup>0</sup>Brix. La figura 3.1 presenta la variabilidad de los <sup>0</sup>Brix en las soluciones osmóticas.

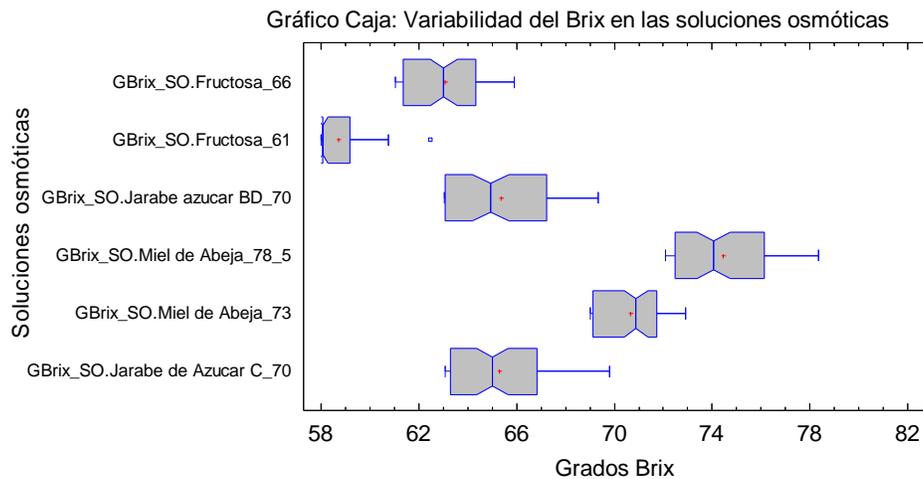


Figura 3.1 Variabilidad del Brix en las soluciones osmóticas. Fuente (Elaboración propia a partir del software Statgraphics)

En cuanto al % de agua de las soluciones osmóticas se vieron diferencias significativas, los de menor valor se observaron en la miel de abeja a 78,5<sup>0</sup>Brix con 24,04 % de agua, seguida de la miel de abeja a 73<sup>0</sup>Brix con 27,11 % de agua; mientras que el de mayor valor se percibió en la fructosa a 61 <sup>0</sup>Brix con 39,09 % de agua (Figura 3.2).

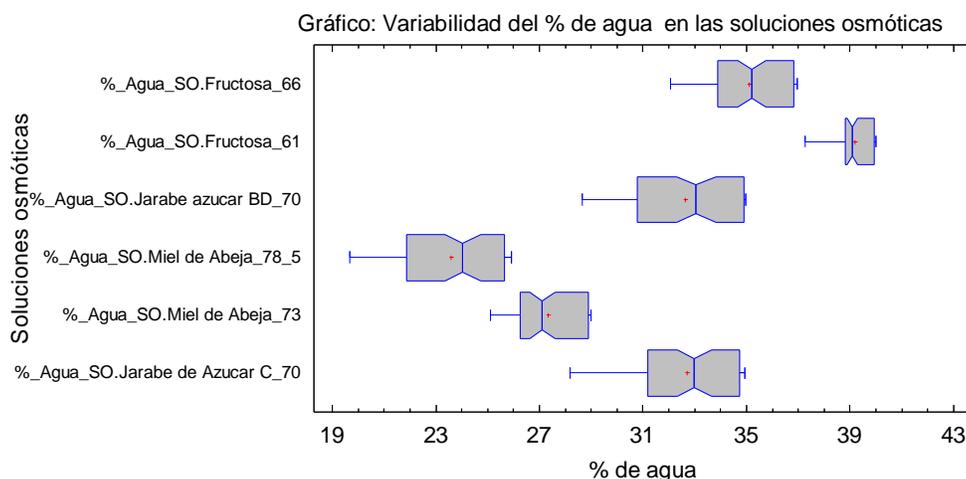


Figura 3.2 Variabilidad del % de agua en las soluciones osmóticas. Fuente (Elaboración propia a partir del software Statgraphics)

En cuanto a la temperatura de las soluciones osmóticas se vieron diferencias significativas, los de menor valor se observaron en el jarabe de azúcar C a 70<sup>0</sup>Brix con 23,56 °C y el jarabe azúcar BD a 70<sup>0</sup>Brix con 23,65°C; mientras que los de mayor valor se percibió en la fructosa a 61<sup>0</sup>Brix con 26,25 °C y la miel de abeja a 73<sup>0</sup>Brix con 26,25 °C (Figura 3.3).

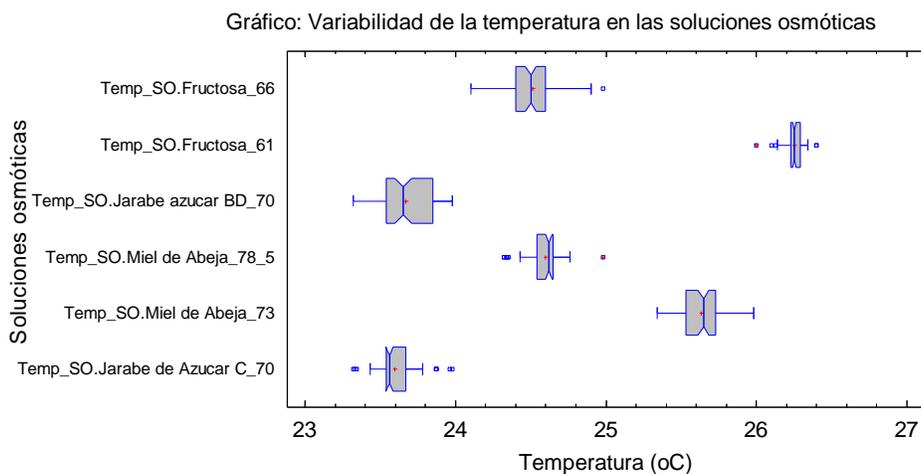


Figura 3.3 Variabilidad de la temperatura en las soluciones osmóticas. Fuente (Elaboración propia a partir del software Statgraphics)

### 3.2.2 Análisis de la variabilidad de la temperatura, la pérdida del peso y los Grados Brix en la fruta.

En cuanto a la temperatura de la fruta se observó diferencias significativas, el de menor valor se observó en el jarabe azúcar BD a 70<sup>0</sup>Brix con 24,88 °C; mientras que el de mayor valor se percibió en la miel de abeja a 78,5<sup>0</sup>Brix con 30,5122 °C (Figura 3.4).

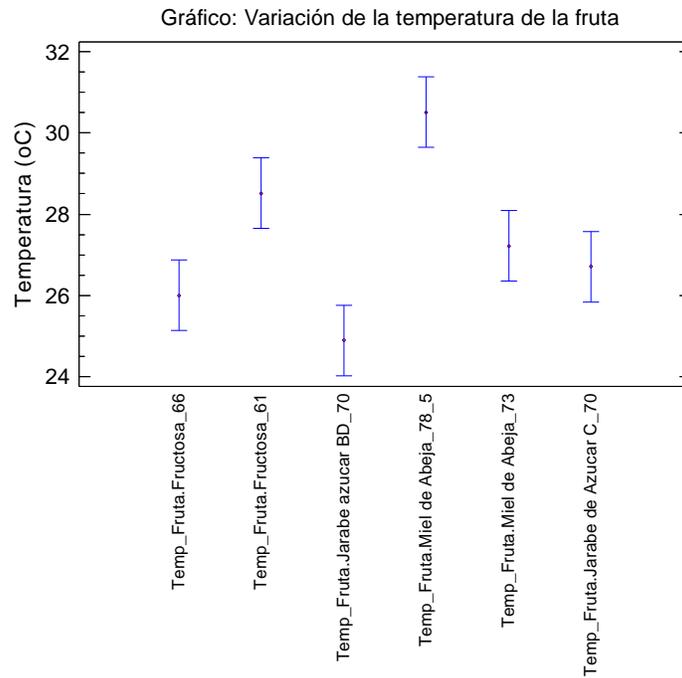


Figura 3.3 Variabilidad de la temperatura en la fruta. Fuente (Elaboración propia a partir del software Statgraphics)

En cuanto al peso de la fruta se observó diferencias significativas, el de menor valor se vio en el jarabe azúcar BD a 70<sup>0</sup>Brix con 19,0459 g; mientras que el de mayor valor se percibió en la fructosa a 66<sup>0</sup>Brix con 55,1317 °C (Figura 3.4).

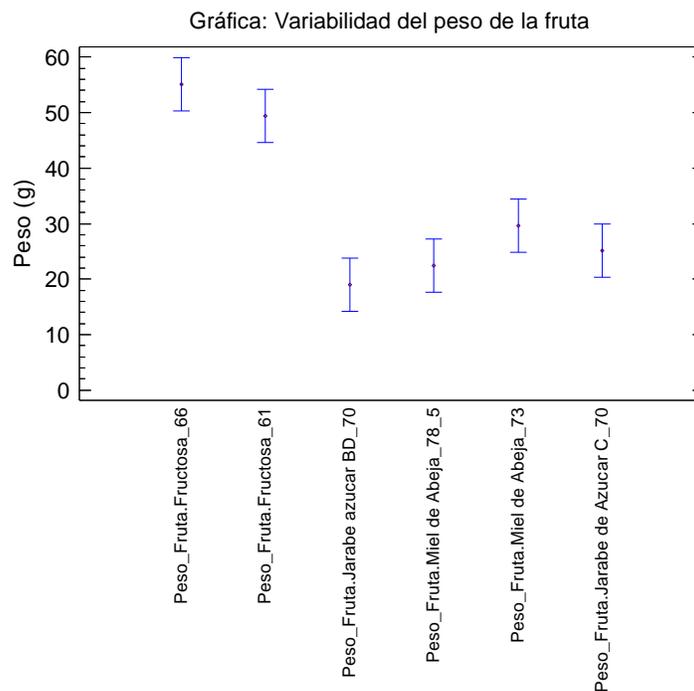


Figura 3.4 Variabilidad del peso de la fruta. Fuente (Elaboración propia a partir del software Statgraphics)

En cuanto al Brix de la fruta no se observó diferencias significativas, lo cual está dado por la dispersión, sin embargo, al observar los puntos medios si se aprecia esta diferencia, donde el menor valor se vio en el jarabe azúcar BD a 70<sup>o</sup>Brix con 12,5257 <sup>o</sup>Brix y de mayor valor la fructosa a 61 <sup>o</sup>Brix con 14,9311.

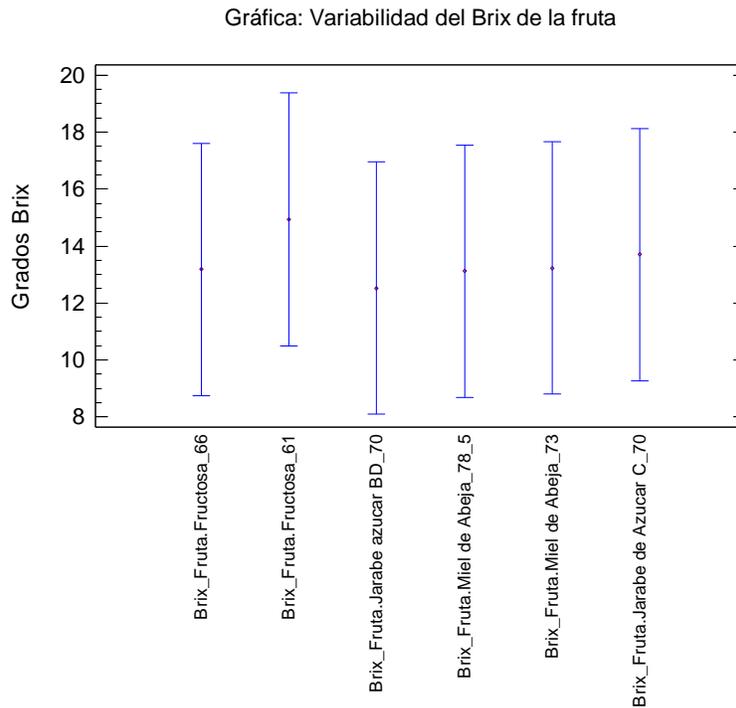


Figura 3.5 Variabilidad de los <sup>o</sup>Brix de la fruta. Fuente (Elaboración propia a partir del software Statgraphics)

### 3.2.3 Análisis de la variabilidad de los Grados Brix, el porcentaje de agua y la temperatura de las soluciones osmóticas en el tiempo.

#### 3.2.3.1 Análisis de la variabilidad de los Grados Brix de las soluciones osmóticas en el tiempo.

De acuerdo a la variación de los <sup>o</sup>Brix de las soluciones osmóticas en el tiempo se observa que, para el jarabe de fructosa, Miel de Abeja, jarabe de Sacarosa BD, jarabe de sacarosa AC los tiempos de estabilidad hasta la deshidratación fueron de aproximadamente 7 horas. La figura 3.6 presenta los gráficos de la variación en los <sup>o</sup>Brix para cada una de estas soluciones osmóticas. La variación en el % de agua y la temperatura pueden ser consultadas en el Anexo 10 y Anexo 11.

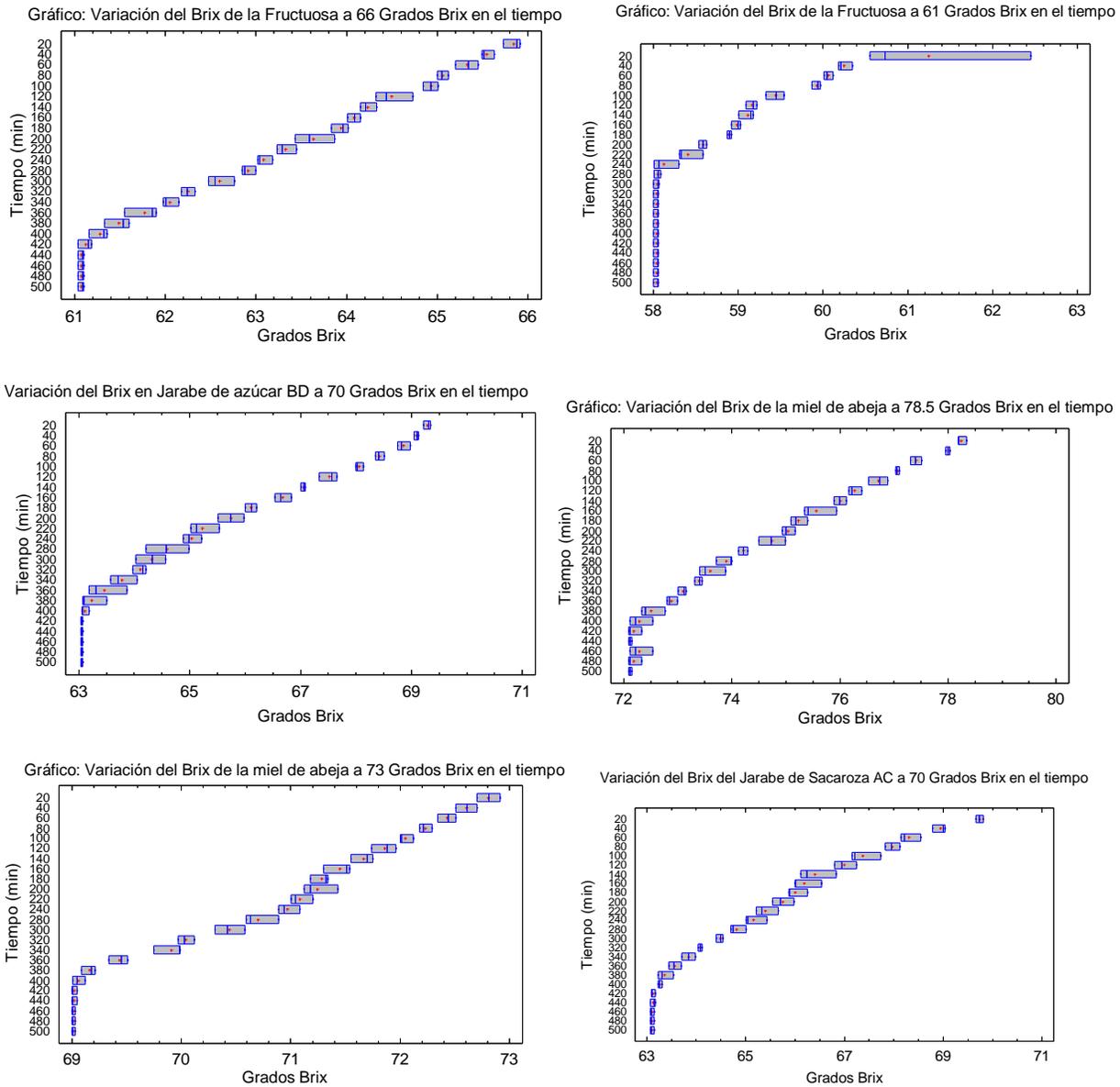


Figura 3.6 Variabilidad de los <sup>0</sup>Brix de las soluciones en el tiempo. Fuente (Elaboración propia a partir del software Statgraphics)

### 3.2.4 Análisis de la variabilidad de la temperatura, la pérdida del peso y los Grados Brix de la fruta en el tiempo.

#### 3.2.4.1 Análisis de la variabilidad de la pérdida del peso de la fruta en el tiempo

De acuerdo a la pérdida de peso para la fruta se evidencia un solapamiento en las medias de los resultados donde existe entonces una influencia significativa en el peso final de la fruta a pesar de que estos numéricamente son bastante parecidos. En la figura 3.7 se presenta la variación del peso de la fruta con el tiempo para cada una de las soluciones. En los Anexos 12-13 se presentan la variabilidad de la temperatura y los Grados Brix de la fruta en el tiempo.

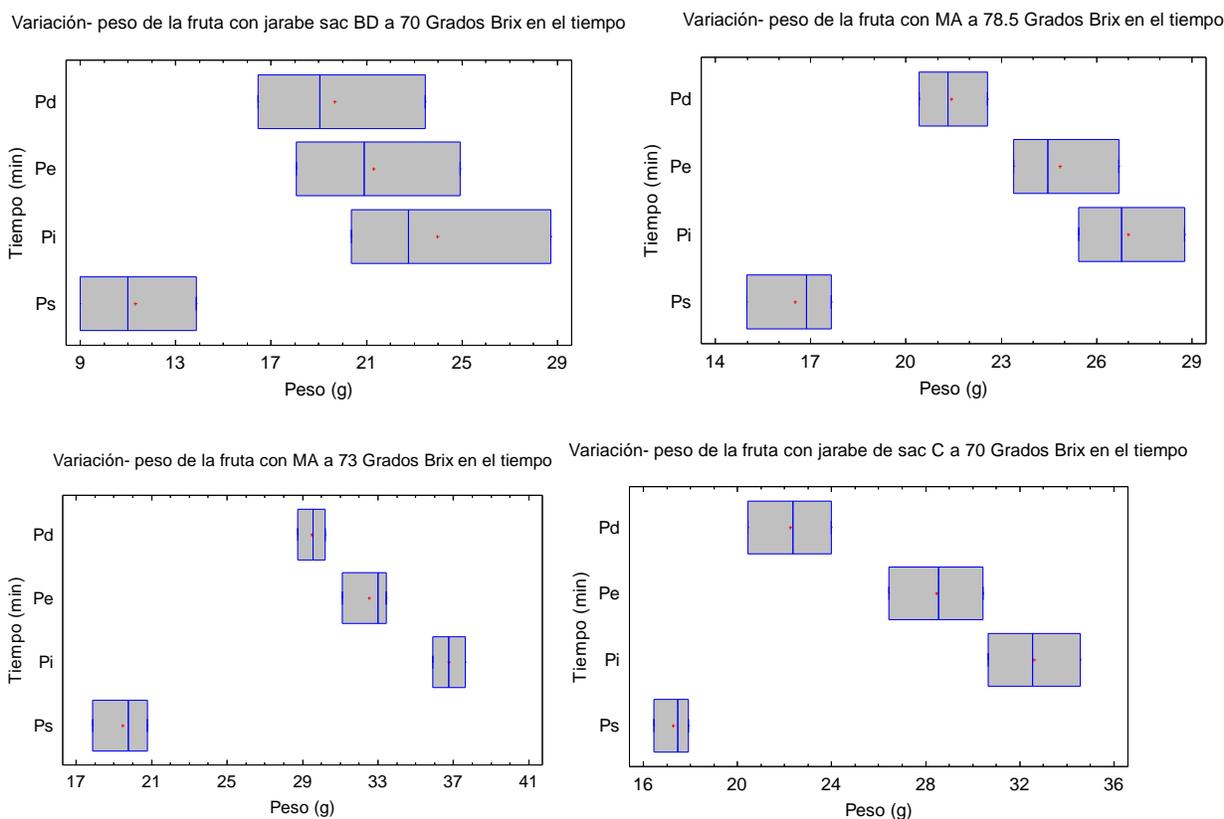


Figura 3.7 Variabilidad del peso de la fruta en el tiempo. Fuente (Elaboración propia a partir del software Statgraphics)

### 3.3 Criterio de Expertos

Para el análisis de las propiedades organolépticas a partir de un criterio de expertos se seleccionaron en el panel un total de 8 personas, donde se les pidió que evaluaran el olor, color, sabor y textura general utilizando una prueba hedónica con escala de 1 – 5 que va desde Inadecuado hasta me Muy Adecuado (Anexo 14). Se les explicó el tipo de muestra que iba a ser analizada (papaya deshidratada), entregándoles a cada uno una rodaja de esta fruta, procesada a las mismas condiciones y con las mismas características, las evaluaciones por los expertos fueron:

#### Color

En cuanto al color en el caso del Jarabe de Sacarosa AC el 50 % de los panelistas coinciden que es Bastante Adecuado, mientras que un 25 % concuerda que es Adecuado, un 12,5 % que es muy adecuado y un 12,5 % que es poco adecuado.

#### Olor

En cuanto al olor para el Jarabe de Sacarosa AC el 50% de los expertos coinciden que es Bastante Adecuado, un 25 % concuerdan en que es Muy Adecuado y otro 25% que es Adecuado.

## Sabor

En cuanto al sabor un 37,5 % de los panelistas coinciden que es Bastante Adecuado, otros 37,5 % que es Adecuado y un 25 % que es Muy Adecuado.

## Textura

En cuanto a la textura un 50% de los expertos concuerdan que es Adecuado, un 25 % Muy Adecuado, un 12,5 % Bastante Adecuado y el otro 12,5 % Poco Adecuado.

Una vez seleccionado los expertos se debe valorar cada uno de los aspectos mediante un análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach. Este estadístico permitirá realizar las interpretaciones correctas de los resultados que se obtengan al aplicar el cuestionario y establecer la relación con la variable que se pretende medir.

La Tabla 3.10 presenta el valor de Alfa de Cronbach.

Tabla 3.10. Estadístico de fiabilidad.

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,991	24

Fuente (Elaboración Propia a partir del software SPSS).

Según el valor de Alfa de Cronbach (0,99) existe una fuerte fiabilidad en los datos analizados, así como una buena correlación inter-elementos.

La Tabla 3.10 resume la valoración final sobre los aspectos evaluados. Se determinó que la solución de Jarabe de Sacarosa AC garantiza en mejor medida las propiedades organolépticas de la fruta.

Aspectos a Evaluar	Valoración para cada aspecto
Sabor de la papaya deshidratada con fructosa a 66 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Olor de la papaya deshidratada con fructosa a 66 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Textura de la papaya deshidratada con fructosa a 66 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Color de la papaya deshidratada con fructosa a 66 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Sabor de la papaya deshidratada con fructosa rebajada a 61 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Olor de la papaya deshidratada con fructosa rebajada a 61 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Textura de la papaya deshidratada con fructosa rebajada a 61 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Color a de la papaya deshidratada con fructosa rebajada a 61 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Sabor de la papaya deshidratada con azúcar blanco directo a 70 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Olor de la papaya deshidratada con azúcar blanco directo a 70 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Textura de la papaya deshidratada con azúcar blanco directo a 70 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Color de la papaya deshidratada con azúcar blanco directo a 70 <sup>0</sup> Bx	Adecuado

Sabor de la papaya deshidratada con miel de abeja A 78,5 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Olor de la papaya deshidratada con miel de abeja A 78,5 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Textura de la papaya deshidratada con miel de abeja A 78,5 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Color de la papaya deshidratada con miel de abeja A 78,5 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Sabor la papaya deshidratada con miel de abeja rebajada a 73 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Olor de la papaya deshidratada con miel de abeja rebajada a 73 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Textura de la papaya deshidratada con miel de abeja rebajada a 73 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
Color de la papaya deshidratada con miel de abeja rebajada a 73 <sup>0</sup> Bx	Adecuado
sabor de la papaya deshidratada con azúcar crudo a 70 <sup>0</sup> Bx	Bastante adecuado
Olor de la papaya deshidratada con azúcar crudo a 70 <sup>0</sup> Bx	Bastante adecuado
Textura de la papaya deshidratada con azúcar crudo a 70 <sup>0</sup> Bx	Bastante adecuado
Color de la papaya deshidratada con azúcar crudo a 70 <sup>0</sup> Bx	Bastante adecuado

El coeficiente de Kendall (W) (Tabla 3.11) es de 0.707, el cual mostró un equilibrio entre los expertos. Como está por encima de 0.5 se considera que hay una tendencia al acuerdo entre los expertos.

Tabla 3.11 Coeficiente de Kendall para el equilibrio entre los expertos

N	8
W de Kendall(a)	0,707
Chi-cuadrado	130,020
gl	23

Fuente (Elaboración Propia a partir del software SPSS).

### 3.4 Obtención del modelo matemático a partir de datos estadístico.

En el caso de estudio, las variables no siguen una distribución normal, por lo que es más adecuado emplear las correlaciones por rango de Spearman, entre cada par de variables, los cuales son menos sensibles a valores no representativos que los coeficientes de Pearson. La tabla 3.12 presenta un resumen sobre la Correlación Ordinal de Spearman.

Tabla 3.12. Correlación Ordinal de Spearman

	Peso_Fruta.Jarabe de Azúcar C_70	GBrix_SO.Jarabe de Azúcar C_70	%_Agua_SO.Jarabe de Azucar C_70	Temp_SO.Jarabe de Azucar C_70
Peso_Fruta.Jarabe de Azúcar C_70		0,8881 (12)	-0,8881 (12)	-0,3585 (12)
		<b>0,0032</b>	<b>0,0032</b>	0,2344
GBrix_SO.Jarabe de Azúcar C_70	0,8881 (12)		-1,0000 (12)	-0,2438
	<b>0,0032</b>		<b>0,0000</b>	0,4187
%_Agua_SO.Jarabe de Azúcar C_70	-0,8881 (12)	-1,0000 (12)		0,2438 (12)

	0,0032	0,0000		0,4187
Temp_SO.Jarabe de Azúcar C_70	-0,3585	-0,2438	0,2438	
	(12)	(12)	(12)	
	0,2344	0,4187	0,4187	

Fuente (Elaboración Propia a partir del software SPSS).

Las correlaciones más fuertes se producen con los °Brix del Jarabe de Sacarosa AC, con un valor de (0,8881), esto indica una correlación fuerte y directa y el % Agua del Jarabe de Sacarosa AC con (-0,8881), esto indica una correlación fuerte e inversa. En cuanto a la temperatura del Jarabe de Sacarosa AC, aunque la correlación no resultó fuerte (-0,3585), se asume para la investigación por su importancia.

### Análisis de Regresión Múltiple

Variable dependiente: Peso\_Fruta

Variabes independientes:

°Brix\_SO.Jarabe de Sacarosa AC

Temp\_SO. Jarabe de Sacarosa AC

Tabla 3.13. Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	358,18	2	179,09	21,29	0,0004
Residuo	75,7051	9	8,41168		
Total (Corr.)	433,885	11			

Fuente (Elaboración Propia a partir del software SPSS).

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 ( $H_0$ ) si el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es  $< 0,05$ .

Decisión: Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, ese término no es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95,0% ó mayor.

Por tanto, la ecuación del modelo queda:

Peso\_Fruta.Jarabe de AC = -348,225 + 7,55565\*°Brix- 6,4982 \* % Agua - 6,19962\*Temperatura

*Conclusiones*



## Conclusiones

1. De los métodos de secado estudiados se propuso como método a utilizar el de deshidratación combinada (deshidratación+secado solar) 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.
2. Se elaboró una metodología para la deshidratación combinada de la papaya a partir del análisis experimental y un criterio de expertos.
3. La deshidratación combinada de la papaya que mejores propiedades organolépticas presentó fue la deshidratada con la SO Jarabe de Sacarosa AC.
4. Se elaboró un modelo matemático a partir de datos estadísticos para la deshidratación combinada con Jarabe de Sacarosa AC siendo este:  $\text{Peso\_Fruta.Jarabe de AC} = -348,225 + 7,55565 * \text{Brix} - 6,4982 * \% \text{ Agua} - 6,19962 * \text{Temperatura}$ .

# *Recomendaciones*



## **Recomendaciones**

1. Deshidratar las rodajas de papaya a partir de la solución osmótica Miel de Abeja con valores de <sup>0</sup>Brix inferiores a 73.
2. Utilizar otras variables de control de las SO y analizar su influencia en el modelo matemático a partir de datos estadísticos.

# *Bibliografía*



## Bibliografía

- Albino Molina, N. (2016). La producción de frutas tropicales: panorama mundial y en Argentina, 42, 19.
- Ameria, B., Haninia, S., Benhamou, A., & Chibane, D. (2018). Comparative approach to the performance of direct and indirect solar drying of sludge from sewage plants, experimental and theoretical evaluation [Revista]. Tomado de [www.elsevier.com/locate/solener](http://www.elsevier.com/locate/solener)
- Cámara Hurtado, M. (1992). *Caracterización de derivados de piña: zumos y néctares*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y alimentación. (n.d.). Secado solar. Retrieved from <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/SECADO-SOLAR.pdf>
- De la Fuente, S., Rodríguez, G., Riera, E., Gallego, J. A., & Mulet, A. (2004). Desarrollo de un Sistema de Secado mediante Lecho Fluido Asistido por Ultrasonidos de Potencia.
- Dehghannya, J., Hosseinlar, S. H., & Heshmati, M. K. (2017). Multi-stage continuous and intermittent microwave drying of quince fruit coupled with osmotic dehydration and low temperature hot air drying.
- Della Rocca, P. (2010). *Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente* (Tesis de Maestría). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Eguillor Recabarren, P. (2017). Pérdida y desperdicios de alimentos [Artículo]. Tomado de [www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/residuosFinal-1.pdf](http://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/residuosFinal-1.pdf)
- Evans, E. A., & Ballen, F. H. (2015). Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial. Retrieved from <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FE/FE91700.pdf>

- Jiménez Díaz, J. A. (2002). *Cultivo de la Papaya Hawaiiana* (Primera, Vol. 1). Costa Rica: Universidad Internacional EARTH.
- Lovera, N. N. (2016). Estudio del efecto de la impregnación con calcio en la preservación de papaya.
- Muñiz Becerra, S., García Pereira, A., Calderín García, A., & Hernández Gómez, A. (2011). Evaluación de la calidad de la fruta bomba (*Carica papaya* L.) variedad Maradol roja deshidratada utilizando el método de deshidratación osmótica (DO) [Revista Científica]. Tomado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v20n1/rcta09111.pdf>
- Murcia Tomás, A. (n.d.). Importancia de las frutas como alimentos con alta actividad antioxidante. [Revista Científica]. Tomado de [revista.nutricion.org/hemeroteca/revista...02/VCongreso.../Conferencias/Murcia.pdf](http://revista.nutricion.org/hemeroteca/revista...02/VCongreso.../Conferencias/Murcia.pdf)
- Navarrete Villanueva, S. L. (2003). *Elaboración de papaya( carica papaya), por deshidratación osmótica*. (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Nicaragua UNAN-Leon, Nicaragua. Tomado de <http://www.redalyc.org/pdf/1799/179914237012.pdf>
- Navarro Cruz, A., Rojas Zenteno, E., Lazcano Hernández, M., & Vera López, O. (2016). Propiedades funcionales de semillas de papaya (*Carica papaya* L.), 3(7), 48–56.
- Onwude, D. I., Norhashila, H., Janius, R., Abdan, K., Chen, G., & Oladejo, A. O. (2017). Non-thermal hybrid drying of fruits and vegetables: A review of current technologies.
- Pasquel Vásquez, E. A. (2016). *Evaluación de métodos de deshidratación en Pitahaya (Selenicereus megalanthus), para el aprovechamiento de fruta que no reúne estándares de exportación en fresca* (Tesis de grado). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
- Pérez, C. (n.d.). Papaya: beneficios y propiedades. Tomado de <https://www.natursan.net/semillas-de-papaya-beneficios-y-propiedades/>
- Pulido, H. G., & Salazar, R. de la V. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. (S. A. d. C. V. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES Ed.).

- Rodríguez Cabello, J., Díaz Hernández, Y., Pérez González, A., Natali Cruz, Z., & Rodríguez Hernández, P. (2014). Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre
- Serbelló Guzmán, F., Soto Ortiz, R., & Mesa Reynaldo, J. R. (2012). Efecto de la aplicación de Fitomás-E en la producción de posturas de papaya. Maradol Roja en Cienfuegos, Cuba.
- Siccha, A., & Loe k de U gaz, O. (1995). Secado por atomización (SPRAY DRYER).
- Sierra García, R. A. (2010). *Estudio de la deshidratación osmótica de la arveja china (Pisum sativum L.) mediante dos metodologías, directa e indirecta, como alternativa tecnológica al sector hortofrutícola del país.* (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Tomado de [biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1152\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1152_Q.pdf)
- Siqueiros Tarazón, A. (2004). *Aplicación de la Metodología de Superficies de Respuesta para el Mejoramiento de la Calidad del Aceite de Soya* (Tesis de grado). Universidad de Sonora, México.
- Subdirección de Orientación y Educación Alimentaria. (2018). *Fruta deshidratada*. Presentado en el XVII Encuentro Nacional de Alimentación y Desarrollo Comunitario “Experiencias que Alimentan a la comunidad.”
- Tontul, I., & Topuz, A. (2017). Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties [Revista Científica]. Tomado de [http://www.journals.elsevier.com/trends-in-food-scienceand- technology](http://www.journals.elsevier.com/trends-in-food-scienceand-technology)
- Ullah, F., & Kang, M. (2017). Impact of air flow rate on drying of apples and performance assessment of parabolic trough solar collector.
- Wais, N. (2011). *Secado combinado de frutas: deshidratación osmótica y microondas* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Chile.

Zotarelli, M. F., Martins da Silva, V., Durigon, A., Dupas Hubinger, M., & Borges Laurindo, J. (2016). Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying [Revista Científica]. Tomado de [www.elsevier.com/locate/powtec](http://www.elsevier.com/locate/powtec)

*Anexos*



## Anexos

**Anexo 1.** Área Cosechada, Rendimiento y Producción de Papaya para el mundo en los últimos 10 años.

<b>Años</b>	<b>Área Cosechada (ha)</b>	<b>Rendimiento (hg/ha)</b>	<b>Producción (t)</b>
2007	368978	261061	9632556
2008	387856	259730	10073788
2009	388382	272689	10590738
2010	400500	269285	10784883
2011	407321	277330	11296221
2012	419694	286255	12013955
2013	423095	292109	12358964
2014	424368	299239	12698728
2015	411262	293668	12077444
2016	441964	295290	13050749

**Anexo 2.** Área Cosechada, Rendimiento Y Producción de Papaya para Cuba en los últimos 10 años.

<b>Años</b>	<b>Área Cosechada (ha)</b>	<b>Rendimiento (hg/ha)</b>	<b>Producción (t)</b>
2007	6016	149102	89700
2008	4406	202905	89400
2009	5427	176341	95700
2010	7979	170080	135700
2011	5800	232759	135000
2012	5824	306590	178558
2013	6186	319822	197842
2014	6652	209758	188341

2015	7 175	63 643	202499
2016	7 621	63 643	212579

**Anexo 3.** Producción de Papaya para Cienfuegos entre 2010-2015.

Años	Producción (t)
2010	2696,5
2011	1106,7
2012	15145,9
2013	2213,9
2014	1486,2
2015	557,3

**Anexo 4.** Valores experimentales de los sólidos solubles para cada solución osmótica.

°Brix	Tiempo (min)	Niveles (Tratamientos)					
		Fructosa	Fructosa rebajada	Jarabe de sacarosa BD	Miel de Abeja	Miel de Abeja rebajada	Jarabe de sacarosa AC
20	R1	65,91	60,73	69,34	78,34	72,81	69,81
20	R2	65,73	62,45	69,22	78,2	72,7	69,73
20	R3	65,88	60,55	69,31	78,19	72,91	69,66
40	R1	65,51	60,35	69,1	78,04	72,61	69,03
40	R2	65,49	60,18	69,13	77,96	72,51	69
40	R3	65,63	60,21	69,05	78	72,7	68,79
60	R1	65,34	60,12	68,82	77,51	72,44	68,55
60	R2	65,2	60,01	68,98	77,4	72,34	68,21
60	R3	65,45	60,05	68,75	77,3	72,51	68,15
80	R1	65	59,97	68,41	77,1	72,21	68,12
80	R2	65,05	59,87	68,51	77,06	72,18	67,95
80	R3	65,12	59,94	68,35	77,03	72,29	67,83
100	R1	64,84	59,45	68,13	76,88	72,01	67,74
100	R2	64,93	59,33	68,02	76,74	72	67,21
100	R3	65,01	59,54	68	76,53	72,12	67,15
120	R1	64,32	59,18	67,57	76,4	71,88	67,24

120	R2	64,44	59,09	67,34	76,22	71,74	66,95
120	R3	64,73	59,22	67,66	76,17	71,96	66,8
140	R1	64,15	59,18	67,09	76,12	71,75	66,84
140	R2	64,21	59,01	67,01	75,99	71,55	66,24
140	R3	64,33	59,15	67,06	75,89	71,7	66,12
160	R1	64,01	59,03	66,84	75,94	71,51	66,54
160	R2	64,09	58,92	66,64	75,41	71,3	66
160	R3	64,15	59	66,54	75,34	71,54	66,01
180	R1	63,83	58,87	66,21	75,4	71,34	66,25
180	R2	63,96	58,92	66,12	75,19	71,18	65,88
180	R3	64,02	58,9	66	75,09	71,32	65,89
200	R1	63,43	58,54	65,98	75,17	71,12	65,98
200	R2	63,59	58,63	65,74	75	71,18	65,71
200	R3	63,87	58,59	65,51	74,93	71,43	65,55
220	R1	63,23	58,31	65,54	74,99	71	65,66
220	R2	63,29	58,33	65,12	74,73	71,04	65,33
220	R3	63,45	58,59	65,02	74,51	71,2	65,21
240	R1	63,02	58,01	65,21	74,3	70,94	65,43
240	R2	63,04	58,07	64,99	74,21	70,89	65,04
240	R3	63,18	58,3	64,89	74,12	71,08	65,01
280	R1	62,85	58,01	64,99	73,99	70,63	65,01
280	R2	62,88	58,06	64,58	74	70,59	64,7
280	R3	63	58,09	64,21	73,71	70,89	64,75
300	R1	62,55	58	64,57	73,51	70,42	64,54
300	R2	62,48	58,06	64,33	73,88	70,31	64,5
300	R3	62,76	58,07	64,03	73,41	70,58	64,41
320	R1	62,24	58	64,21	73,31	70,03	64,09
320	R2	62,18	58,06	64,15	73,45	69,97	64,04
320	R3	62,33	58,05	63,97	73,41	70,12	64,12
340	R1	62,01	58	64,05	73,01	69,98	63,98
340	R2	61,98	58,06	63,71	73,15	69,75	63,71
340	R3	62,15	58,05	63,57	73,12	69,99	63,85
360	R1	61,86	58	63,87	72,85	69,51	63,7
360	R2	61,55	58,06	63,31	73	69,45	63,45
360	R3	61,9	58,05	63,19	72,8	69,34	63,55
380	R1	61,54	58	63,51	72,4	69,21	63,54
380	R2	61,33	58,06	63,1	72,77	69,18	63,23
380	R3	61,6	58,05	63,07	72,33	69,09	63,31
400	R1	61,32	58	63,19	72,12	69,12	63,31
400	R2	61,16	58,06	63,06	72,54	69,01	63,23
400	R3	61,36	58,05	63,07	72,22	69,05	63,25

420	R1	61,15	58	63,04	72,12	69	63,18
420	R2	61,04	58,06	63,06	72,34	69,01	63,11
420	R3	61,19	58,05	63,07	72,09	69,05	63,09
440	R1	61,09	58	63,04	72,12	69	63,18
440	R2	61,04	58,06	63,06	72,15	69,01	63,07
440	R3	61,1	58,05	63,07	72,09	69,05	63,15
460	R1	61,09	58	63,04	72,12	69	63,09
460	R2	61,04	58,06	63,06	72,54	69,01	63,07
460	R3	61,1	58,05	63,07	72,22	69,03	63,15
480	R1	61,09	58	63,04	72,12	69	63,09
480	R2	61,04	58,06	63,06	72,34	69,01	63,07
480	R3	61,1	58,05	63,07	72,09	69,03	63,15
500	R1	61,09	58	63,04	72,12	69	63,09
500	R2	61,04	58,06	63,06	72,15	69,01	63,07
500	R3	61,1	58,05	63,07	72,09	69,03	63,15

Leyenda

R1: Rodaja1

R2: Rodaja2

R3: Rodaja3

**Anexo 5.** Valores experimentales del % H<sub>2</sub>O para cada solución osmótica.

% de H <sub>2</sub> O		Niveles (Tratamientos)					
		Fructosa	Fructosa rebajada	Jarabe de sacarosa BD	Miel de Abeja	Miel de Abeja rebajada	Jarabe de sacarosa AC
20	R1	32,08	37,27	28,66	19,66	25,19	28,19
20	R2	32,25	37,55	28,78	19,8	25,3	28,27
20	R3	32,17	37,45	28,69	19,81	25,09	28,34
40	R1	32,53	37,65	29,9	19,96	25,39	28,97
40	R2	32,61	37,82	28,87	20,25	25,49	29
40	R3	32,42	37,79	28,95	20,2	25,3	29,21
60	R1	32,73	37,88	29,18	20,49	25,56	29,45
60	R2	32,98	37,99	29,2	20,6	25,66	29,79
60	R3	32,61	37,95	29,25	20,7	25,49	29,85
80	R1	33	38,03	29,59	20,9	25,79	29,88
80	R2	32,95	38,13	29,49	20,94	25,82	30,05

80	R3	32,89	38,06	29,65	20,97	25,71	30,17
100	R1	33,22	38,55	29,87	21,12	25,99	30,26
100	R2	33,12	38,67	29,98	21,26	25,28	30,79
100	R3	33,99	38,46	30	21,47	25,88	30,85
120	R1	33,74	38,82	30,43	21,6	26,12	30,76
120	R2	33,65	38,91	30,66	21,78	26,26	31,05
120	R3	33,34	38,78	30,34	21,83	26,04	31,2
140	R1	33,99	38,82	30,91	21,88	26,25	31,16
140	R2	33,91	38,99	30,99	22,01	26,45	31,76
140	R3	33,86	38,85	30,94	22,11	26,3	31,88
160	R1	34,23	38,97	31,16	22,06	26,49	31,46
160	R2	34,16	39,08	31,36	22,59	26,7	32
160	R3	33,98	39	31,46	22,66	26,46	31,99
180	R1	34,63	39,13	31,79	22,6	26,66	31,75
180	R2	34,43	39,08	31,88	22,81	26,82	32,12
180	R3	34,22	39,1	32	22,91	26,68	32,11
200	R1	34,84	39,46	32,02	22,87	26,88	32,02
200	R2	34,71	39,37	32,26	23,1	26,82	32,29
200	R3	34,51	39,41	32,49	23,14	26,57	32,45
220	R1	34,98	39,99	32,46	23,01	27	32,34
220	R2	34,94	39,94	32,88	23,27	26,96	32,67
220	R3	34,83	39,91	32,98	23,49	26,8	32,79
240	R1	35,15	40	32,79	23,7	27,06	32,57
240	R2	35,12	39,94	33,01	23,79	27,11	32,96
240	R3	35	39,93	33,11	23,88	26,92	32,99
280	R1	35,45	40	33,01	24,23	27,37	32,99
280	R2	35,52	39,94	33,42	24,2	27,41	33,3
280	R3	35,24	39,93	33,79	24,29	21,11	33,25
300	R1	35,76	40	33,43	24,49	27,58	33,46
300	R2	35,82	39,94	33,67	24,32	27,69	33,5
300	R3	35,67	38,95	33,97	24,59	27,42	33,59
320	R1	35,99	40	33,79	24,69	27,97	33,91
320	R2	36,02	39,94	33,88	24,55	28,03	33,96
320	R3	35,85	38,95	34,03	24,59	27,88	33,88
340	R1	36,14	40	33,95	24,99	28,02	34,02
340	R2	36,45	39,94	34,29	24,85	28,25	34,29
340	R3	36,1	38,95	34,43	24,88	28,01	34,15
360	R1	36,46	40	34,13	25,15	28,49	34,3
360	R2	36,67	39,94	34,69	25	28,55	34,55
360	R3	36,4	38,95	34,81	25,2	28,66	34,45
380	R1	36,68	40	34,49	25,6	28,79	34,46
380	R2	36,84	39,94	34,9	25,23	28,82	34,77

380	R3	36,64	38,95	34,93	25,67	28,91	34,69
400	R1	36,85	40	34,81	25,88	28,88	34,69
400	R2	36,96	39,94	34,94	25,65	28,99	34,89
400	R3	36,81	38,95	34,93	25,91	28,95	34,82
420	R1	36,91	40	34,96	25,88	29	34,82
420	R2	36,96	39,94	34,94	25,93	28,99	34,93
420	R3	36,9	38,95	34,93	25,91	28,97	34,85
440	R1	36,91	40	34,96	25,88	29	34,91
440	R2	36,96	39,94	34,94	25,93	28,99	34,93
440	R3	36,9	38,95	34,93	25,91	28,97	34,85
460	R1	36,91	40	34,96	25,88	29	34,91
460	R2	36,96	39,94	34,94	25,93	28,99	34,93
460	R3	36,9	38,95	34,93	25,91	28,97	34,85
480	R1	36,91	40	34,96	25,88	29	34,91
480	R2	36,96	39,94	34,94	25,93	28,99	34,93
480	R3	36,9	38,95	34,93	25,91	28,97	34,85
500	R1	36,91	40	34,96	25,88	29	34,91
500	R2	36,96	39,94	34,94	25,93	28,99	34,93
500	R3	36,9	38,95	34,93	25,91	28,97	34,85

**Anexo 6.** Valores experimentales de la temperatura para cada solución osmótica.

Temperatura		Niveles (Tratamientos)					
Tiempo (min)		Fructosa	Fructosa rebajada	Jarabe de sacarosa BD	Miel de Abeja	Miel de Abeja rebajada	Jarabe de sacarosa AC
20	R1	24,4	23,5	24,3	24,4	25,2	24,7
20	R2	24,3	23,3	24,4	24,55	25,3	24,2
20	R3	24,3	23	24,6	24,4	25	24,4
40	R1	24	23,8	24,8	24,45	25,3	24,4
40	R2	24,35	23,4	24,58	24,2	25,2	24,6
40	R3	24,48	23,7	24,6	24,34	25	24,8
60	R1	24,7	23,5	24,5	24,7	24,8	24,58
60	R2	24,2	23,6	24,54	24,23	25,2	24,6

60	R3	24,4	23,3	24,6	24,45	25	24,5
80	R1	24,5	23,4	24,4	24,3	25,3	24,54
80	R2	24,4	23,6	24,47	24,4	25,4	24,6
80	R3	24,55	23,8	24,23	24,3	25,3	24,4
100	R1	24,4	23,58	24,45	24,3	25,25	24,47
100	R2	24,45	23,6	24,3	24	25,45	24,23
100	R3	24,2	23,5	24	24,35	25,4	24,45
120	R1	24,34	23,54	24,1	24,48	25,4	24,3
120	R2	24,7	23,6	24,25	24,3	24,6	24,4
120	R3	24,6	23,4	24,2	24,5	25,5	24,3
140	R1	24,5	23,47	24,2	24,5	25,3	24,3
140	R2	24,3	23,23	24,4	24,3	25	24
140	R3	24,5	23,45	24,5	24,45	25,5	24,35
160	R1	24,3	23,3	24,45	24,4	25	24,48
160	R2	24,5	23,2	24,35	24,35	25	24,3
160	R3	24,35	23,1	24,5	24	25,2	24,5
180	R1	24,26	23,5	24,26	24,2	25,3	24,3
180	R2	24,4	23,4	24,4	24,35	25,4	24,5
180	R3	24,45	23,6	24,45	24,25	25,4	24,35
200	R1	24,5	23,4	24,5	24,3	25,6	24,26
200	R2	24,65	23,5	24,5	24,6	25,1	24,4
200	R3	24,5	23,55	24,65	24,8	25,1	24,45
220	R1	24,4	23,45	24,5	24,58	25	24,5
220	R2	24,6	23,5	24,4	24,6	25,3	24,65
220	R3	24,4	23,6	24,6	24,5	25,2	24,5

240	R1	24,5	23,65	24,4	24,54	25	24,4
240	R2	24,55	23,35	24,5	24,6	24,8	24,6
240	R3	24,45	23	24,55	24,4	25,2	24,4
280	R1	24,5	23,2	24,45	24,47	25	24,5
280	R2	24,6	23,35	24,5	24,23	25,3	24,55
280	R3	24,65	23,25	24,6	24,5	25,4	24,4
300	R1	24,45	23,3	24,65	24,65	25,3	24,5
300	R2	24,4	23,6	24,45	24,5	25,2	24,45
300	R3	24,2	23,8	24,4	24,4	25	24,35
320	R1	24	23,58	24,2	24,47	25,3	24,5
320	R2	24,1	23,6	24	24,23	25	24,3
320	R3	24,25	23,5	24,1	24,45	25,5	24,45
340	R1	24,2	23,54	24,35	24,3	25	24,4
340	R2	24,2	23,6	24,48	24,65	25	24,35
340	R3	24,4	23,4	24,3	24,45	25,2	24
360	R1	24,5	23,5	24,5	24,2	25,3	24,2
360	R2	24,45	23,3	24,3	24,2	25,2	24,35
360	R3	24,35	23,5	24,5	24,4	25	24,25
380	R1	24,5	23,35	24,35	24,5	25,2	24,3
380	R2	24,3	23,26	24,26	24,45	25,4	24,4
380	R3	24,45	23,4	24,4	24,35	25,5	24,25
400	R1	24,4	23,4	24,5	24,5	25,45	24,4
400	R2	24,35	23,6	24,45	24,3	25,35	24,3
400	R3	24	23,5	24,5	24,45	25,5	24,4
420	R1	24,2	23,3	24,65	24,4	25,26	24,26

420	R2	24,35	23,25	24,5	24,55	25,5	24,4
420	R3	24,25	23,5	24,4	24,45	25,4	24,45
440	R1	24,3	23,65	24,6	24,5	25,2	24,5
440	R2	24,4	23,5	24,4	24,6	25,5	24,65
440	R3	24,25	23,3	24,5	24,65	25,3	24,5
460	R1	24,4	23,45	24,55	24,45	25	24,4
460	R2	24,3	23,6	24,45	24,4	25,5	24,6
460	R3	24,4	23,5	24,5	24,2	25	24,4
480	R1	24,6	23,4	24,4	24	25	24,5
480	R2	24,8	23,4	24,6	24,1	25,2	24,55
480	R3	24,58	23,6	24,4	24,35	25,3	24,45
500	R1	24,6	23,5	24,5	24,48	25,2	24,5
500	R2	24,5	23,35	24,55	24,3	25	24,6
500	R3	24,54	23,4	24,4	24,5	25,3	24,65

**Anexo 7.** Valores experimentales de la temperatura para cada rodaja de papaya.

Temperatura(°C)		Niveles (Tratamientos)					
		Fructosa	Fructosa rebajada	Jarabe de sacarosa BD	Miel de Abeja	Miel de Abeja rebajada	Jarabe de sacarosa AC
Ti	R1	24,43	27,54	23,23	29,54	26,45	25
	R2	24,53	27,67	23,54	29,54	26,65	25,02
	R3	24,54	27,65	23,54	29,34	26,43	25,02
Te	R1	27,43	31,43	26,54	33,45	29,54	28,54
	R2	28,43	31,24	26,77	33,45	29,32	28,45
	R3	27,98	31,56	26,83	33,56	29,69	28,65
Td	R1	25,34	26,34	24,43	28,54	25,54	26,54
	R2	25,65	26,65	24,54	28,65	25,67	26,65
	R3	25,67	26,54	24,54	28,54	25,63	26,45
Ts	R1	24,54	27,01	23,99	27,34	24,54	27,89
	R2	24,54	26,99	23,54	27,56	24,56	26,99
	R3	24,32	27,12	23,54	27,43	24,67	27,34

**Anexo 8.** Valores experimentales del peso para cada rodaja de papaya.

Peso(g)		Niveles (Tratamientos)					
		Fructosa	Fructosa rebajada	Jarabe de sacarosa BD	Miel de Abeja	Miel de Abeja rebajada	Jarabe de sacarosa AC
Pi	R1	64,9801	55,7691	28,7386	25,446	37,629	30,6543
	R2	72,9732	59,7443	22,7571	26,7812	36,7645	32,5463
	R3	71,8307	69,8341	20,3786	28,7801	35,8976	34,5643
Pe	R1	59,9856	53,8765	24,9178	23,3799	33,4564	26,4352
	R2	67,9702	56,7447	20,902	24,4561	32,9876	28,5463
	R3	66,8385	67,9856	18,0491	26,7013	31,0971	30,4312
Td	R1	54,9854	51,9196	23,4518	20,4059	30,1928	20,435
	R2	62,9734	53,7443	19,0391	21,3241	29,5634	22,3421
	R3	61,8362	64,3409	16,453	22,5678	28,7613	23,9843
Ts	R1	24,4552	17,9594	13,8765	14,9865	20,7865	16,4353
	R2	26,913	19,3425	10,9874	16,8712	19,7654	17,4564
	R3	25,8392	22,0342	9	17,6534	17,8543	17,8999

**Anexo 9.** Valores experimentales de los sólidos solubles para cada rodaja de papaya

Brix		Niveles (Tratamientos)					
		Fructosa	Fructosa rebajada	Jarabe de sacarosa BD	Miel de Abeja	Miel de Abeja rebajada	Jarabe de sacarosa AC
Brix i	R1	9	10	9	11	10,5	10
	R2	9	27,67	9,5	10,5	10,5	10
	R3	9,5	27,65	9	10,5	11	10
Brix e	R1	7	31,43	8,5	9	8	7
	R2	7	31,24	8,5	8	8	7
	R3	7,5	31,56	8	8,2	8,5	8
Brix d	R1	23	26,34	24,5	24	24	24,5
	R2	23,5	26,65	24,5	24	24,5	25
	R3	23	26,54	25	24,2	24,5	25

## Anexo 10. Análisis de la relación tiempo de deshidratación- % de agua en las soluciones osmóticas.

Gráfico: Variación del % de agua en la fructosa a 66 a Grados Brix en el tiempo

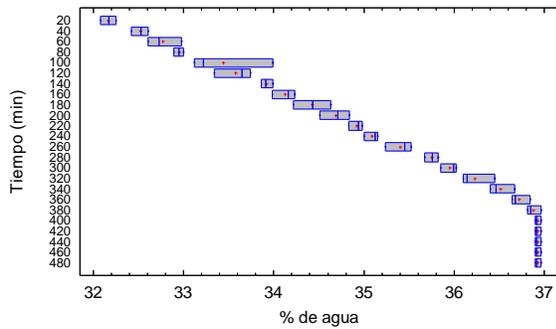
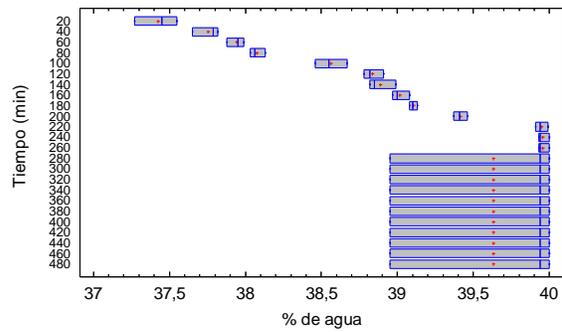
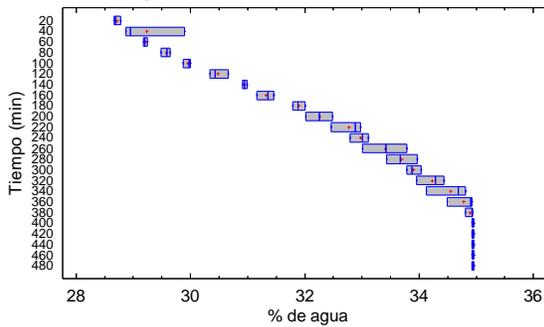


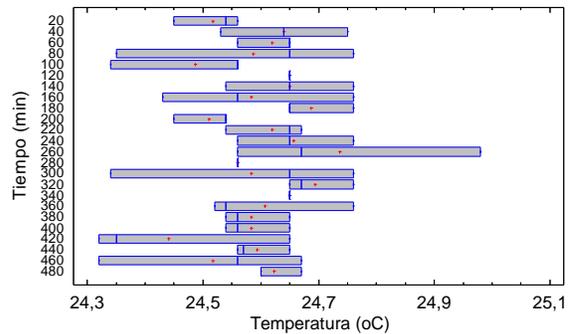
Gráfico: Variación del % de agua en la fructosa a 61 Grados Brix en el tiempo



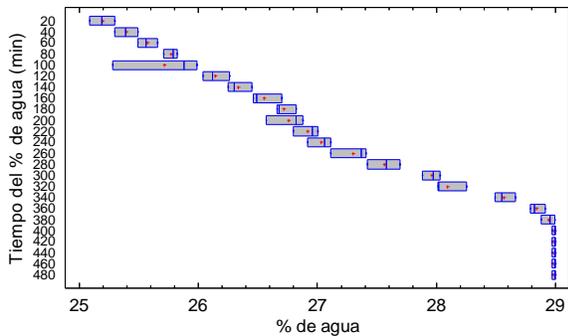
Variación del % de agua en el Jarabe sacarosa BD a 70 Grados Brix en el tiempo



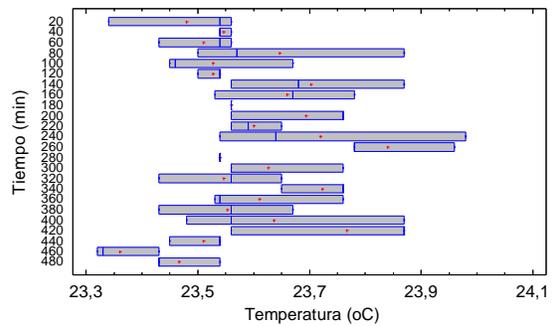
Variación temperatura de la miel de abeja a 78.5 Grados Brix en el tiempo



Variación del % de agua en la miel de abeja a 73 Grados Brix en el tiempo

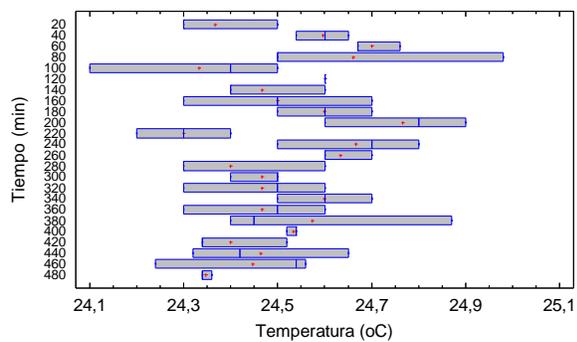


Variación temperatura del jarabe de sacarosa C a 70 Grados Brix en el tiempo

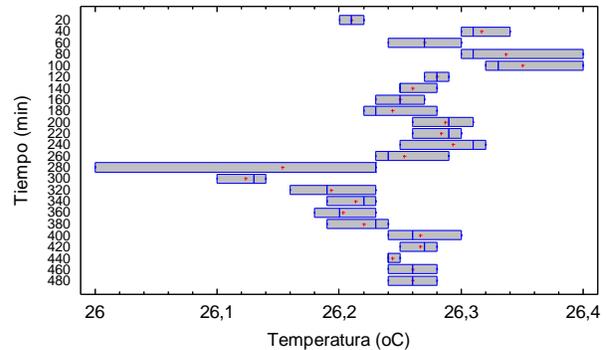


## Anexo 11. Análisis de la relación tiempo de deshidratación- temperatura en las soluciones osmóticas.

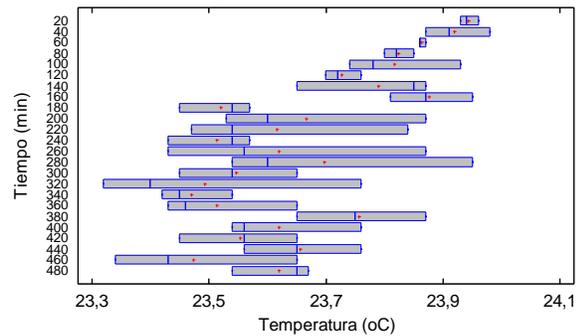
Variación de la temperatura en la Fructosa a 66 Grados Brix en el tiempo



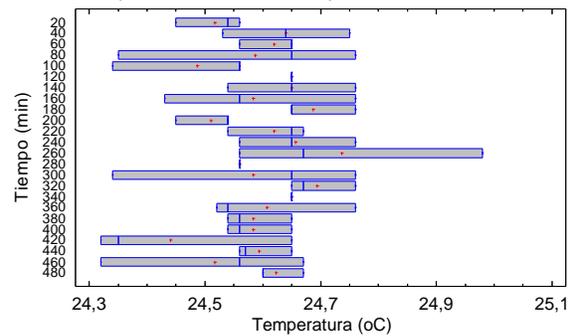
Variación temperatura en la fructosa a 61 Grados Brix en el tiempo



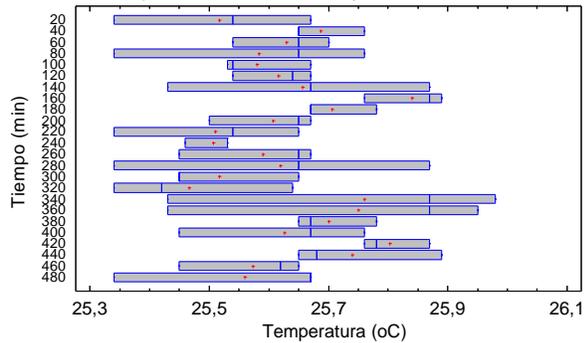
Variación temperatura del jarabe sacarosa BD a 70 Grados Brix en el tiempo



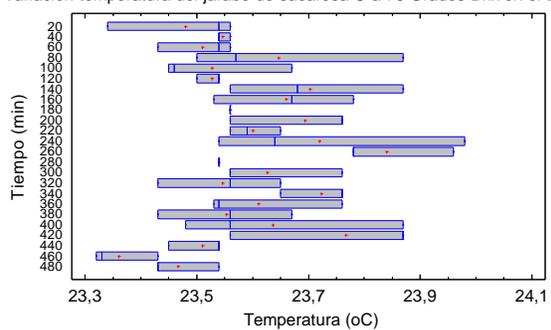
Variación temperatura de la miel de abeja a 78.5 Grados Brix en el tiempo



Variación temperatura de la miel de abeja a 73 Grados Brix en el tiempo

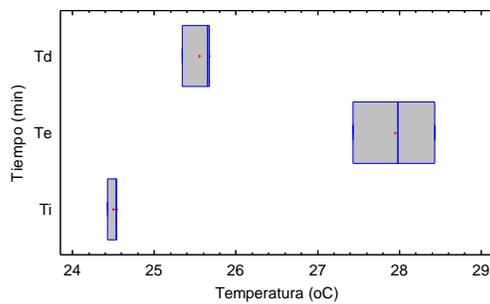


Variación temperatura del jarabe de sacarosa C a 70 Grados Brix en el tiempo

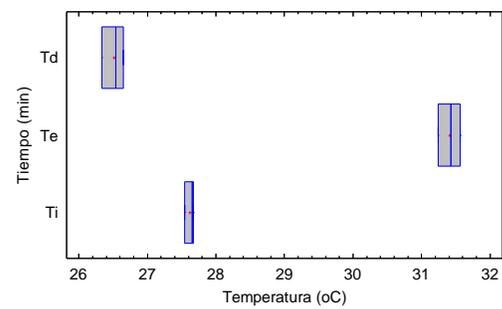


## Anexo12. Análisis de la variabilidad de la temperatura de la fruta en el tiempo

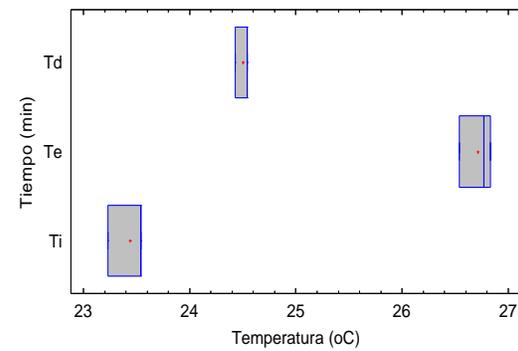
Variación- temperatura de la fruta con Fructosa a 66 Grados Brix en el tiempo



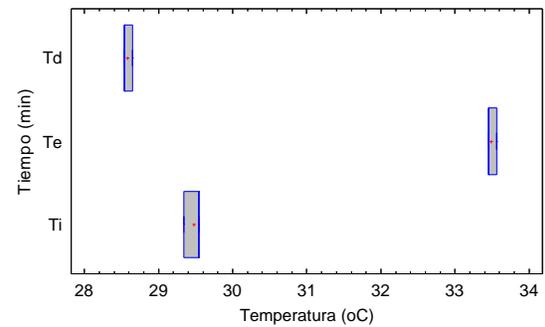
Variación- temperatura de la fruta con Fructosa a 61 Grados Brix en el tiempo



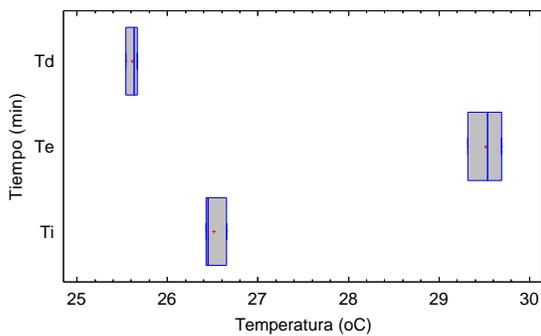
Variación- temperatura de la fruta con jarabe sac a 70 Grados Brix en el tiempo



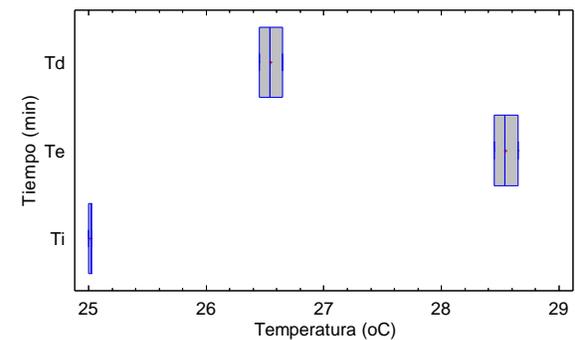
Variación- temperatura de la fruta con miel de abeja a 78.5 Grados Brix



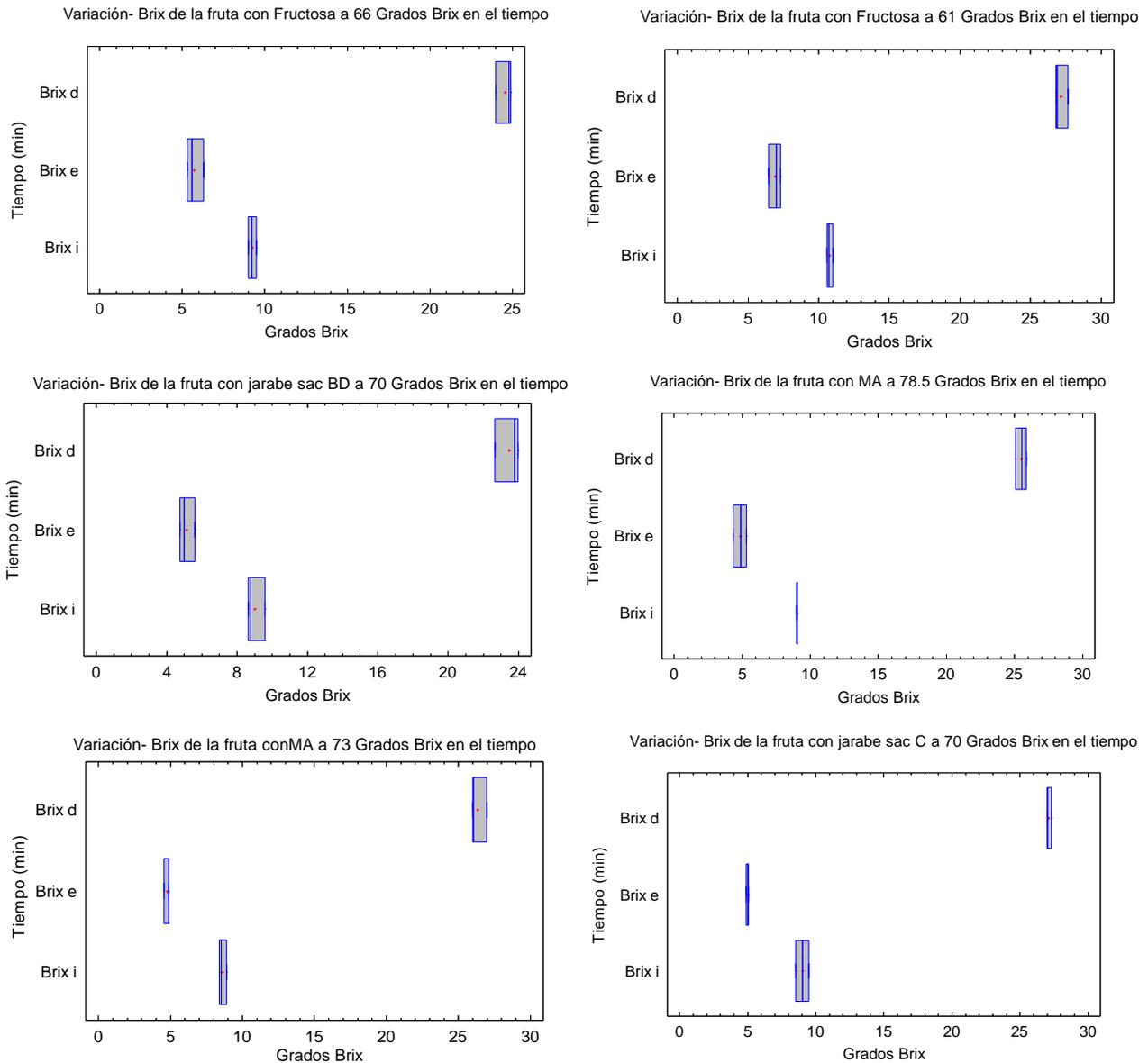
Variación- temperatura de la fruta con MA a 73 Grados Brix en el tiempo



Temperatura de la fruta con jarabe de sac C a 70 Grados Brix en el tiempo



### Anexo 13. Análisis de la variabilidad de los Grados Brix de la fruta en el tiempo



### Anexo14. Valoración de los expertos sobre los criterios a evaluar

Aspectos a Evaluar	I	PA	A	BA	MA
Sabor de la papaya deshidratada con fructosa a 66 <sup>0</sup> Bx	0	1	6	1	0
Olor de la papaya deshidratada con fructosa a 66 <sup>0</sup> Bx	0	2	4	2	0
Textura de la papaya deshidratada con fructosa a 66 <sup>0</sup> Bx	0	2	5	1	0
Color de la papaya deshidratada con fructosa a 66 <sup>0</sup> Bx	0	2	5	0	1
Sabor de la papaya deshidratada con fructosa rebajada a 61 <sup>0</sup> Bx	0	1	5	1	1
Olor de la papaya deshidratada con fructosa rebajada a 61 <sup>0</sup> Bx	0	4	2	2	0
Textura de la papaya deshidratada con fructosa rebajada a 61 <sup>0</sup> Bx	0	4	3	1	0

Color a de la papaya deshidratada con fructosa rebajada a 61 <sup>o</sup> Bx	0	3	3	1	1
Sabor de la papaya deshidratada con azúcar blanco directo a 70 <sup>o</sup> Bx	0	0	3	3	2
Olor de la papaya deshidratada con azúcar blanco directo a 70 <sup>o</sup> Bx	0	0	2	4	2
Textura de la papaya deshidratada con azúcar blanco directo a 70 <sup>o</sup> Bx	0	0	3	4	1
Color de la papaya deshidratada con azúcar blanco directo a 70 <sup>o</sup> Bx	0	0	2	2	4
Sabor de la papaya deshidratada con miel de abeja A 78,5 <sup>o</sup> Bx	0	0	2	4	2
Olor de la papaya deshidratada con miel de abeja A 78,5 <sup>o</sup> Bx	0	0	1	4	3
.Textura de la papaya deshidratada con miel de abeja A 78,5 <sup>o</sup> Bx	0	0	4	2	2
Color de la papaya deshidratada con miel de abeja A 78,5 <sup>o</sup> Bx	0	0	2	3	3
Sabor la papaya deshidratada con miel de abeja rebajada a 73 <sup>o</sup> Bx	0	0	4	2	2
Olor de la papaya deshidratada con miel de abeja rebajada a 73 <sup>o</sup> Bx	0	0	4	1	3
Textura de la papaya deshidratada con miel de abeja rebajada a 73 <sup>o</sup> Bx	0	0	5	2	1
Color de la papaya deshidratada con miel de abeja rebajada a 73 <sup>o</sup> Bx	0	0	4	2	2
Sabor de la papaya deshidratada con azúcar crudo a 70 <sup>o</sup> Bx	0	0	3	3	2
Olor de la papaya deshidratada con azúcar crudo a 70 <sup>o</sup> Bx	0	0	2	4	2
Textura de la papaya deshidratada con azúcar crudo a 70 <sup>o</sup> Bx	0	1	4	1	2
Color de la papaya deshidratada con azúcar crudo a 70 <sup>o</sup> Bx	0	1	2	4	1

#### Anexo 15. Papaya en el proceso de deshidratación con Jarabe de Sacarosa AC



Fuente (Elaboración propia)

#### Anexo 16. Preparación de Jarabe de Sacarosa AC



Fuente (Elaboración propia)

### Anexo 17. Pesado de la papaya en la Balanza Analítica



Fuente (Elaboración propia)

### Anexo18. Papaya de deshidratada con Jarabe de Sacarosa AC



Fuente (Elaboración propia)

### Anexo19. Papaya durante el proceso de deshidratación con fructosa



Fuente (Elaboración propia)

**Anexo20. Papaya deshidratadas con fructosa**



Fuente (Elaboración propia)