



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Tema: **Diseño del proceso de deshidratación osmótica para Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis***

Trabajo de Titulación, modalidad Propuesta Tecnológica, previa la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología .

Autora: Mayra Ximena Casillas Paste

Tutor: Ing. Mg Julio Cesar Sosa Cárdenas

Ambato – Ecuador

Diciembre - 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Mg. Julio Cesar Sosa Cárdenas

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Propuesta Tecnológica, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato 18 de Noviembre de 2019



Ing. Mg Julio Cesar Sosa Cárdenas

C.I.:1716650849

TUTOR

DECLARACIÓN DE LA AUTENTICIDAD

Yo, Mayra Ximena Casillas Paste, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Mayra Ximena Casillas Paste

C.I.:0503629537

AUTORA

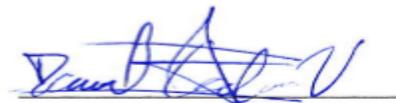
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, Modalidad Propuesta Tecnológica, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



M.Sc.Daniel Alfonso Cabrera Valle

C.I 180256159-5



M.Sc.Manolo Alexander Córdova Suárez

C.I 180284250-8

Ambato, 26 de Noviembre de 2019

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Trabajo de Titulación o parte de él, como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad Ecuatoriana, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Mayra Ximena Casillas Paste

C.I.:0503629537

AUTORA

DEDICATORIA

A dios por haberme concedido el don de vida y la sabiduría para lograr alcanzar uno de mis ideales

A mi Papi y a mi Mami por ser el pilar fundamental en mi formación personal por inculcarme valores para ser una mejor persona cada día, quienes con su amor incondicional, sacrificio, paciencia y sabios consejos en cada etapa de mi vida permitieron que cumpla esta meta.

A Marcia por su apoyo, quien con mucho afecto supo estar en los momentos buenos y, malos de mi vida personal y estudiantil.

A David Alexander y Fernando Esteban quienes siempre fueron luz y alegría con su inocencia y amor me han inspirado para ser mejor.

A Cristian por acompañarme en esta travesía y apoyarme incondicionalmente.

Ximena

AGRADECIMIENTOS

A dios por bendecirme en cada paso que doy y por la familia hermosa que me dio.

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Y biotecnología por todos los conocimientos y experiencias que me han permitido obtener

A mi tutor Ing. Mg Julio Sosa por su paciencia, orientación y tiempo brindado para culminar con éxito el presente trabajo

Al Ing. Mg Daniel Cabrera, Ing. Mario Álvarez, Ing. Mg Manolo Córdova por guiarme en la ejecución de este trabajo

A mis amigos Lizbeth, Vanessa, Inés, Stalin, Diana, Jennifer, Karina, Alexandra por formar parte de una bonita etapa de mi vida

Muchas Gracias

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo estudiar el proceso de deshidratación osmótica en cidrayota (*Sechium edule*) como alternativa tecnológica, para lo cual se utilizó un diseño factorial A x B x C cuyas variables relacionadas a la solución osmótica, fueron: concentración de sacarosa (35, 45 y 55 °Brix), contenido de cloruro de calcio (5, 10 y 15%) y tiempo de inmersión (4 y 6 horas). Las respuestas experimentales obtenidas durante el proceso de deshidratación osmótica consistieron en determinar la pérdida de peso, pérdida de humedad y ganancia de sólidos, valores que permitieron establecer difusividad efectiva para agua y sólidos, así como también el coeficiente de transferencia de masa para agua perdida en el desarrollo de la deshidratación. Los resultados alcanzados y en base al análisis estadístico de las respuestas experimentales mencionadas anteriormente en cidrayota osmodeshidratada, dieron como mejor tratamiento al T14, que contenía 5% de CaCl₂, solución deshidratante 55% de sacarosa, y 6 h de tiempo de inmersión. Una vez culminado el proceso de deshidratación osmótica se aplicó la operación de secado únicamente al mejor tratamiento, donde se realizó; análisis proximal y de textura, posterior a esto se diseñó un diagrama PFD de una planta a nivel industrial con una producción de 50 kg/día de cidrayota deshidratada.

Palabras Clave: cidrayota, deshidratación osmótica, transferencia de masa, difusividad efectiva

ABSTRACT

The objective of this project was to study the osmotic dehydration process in cidrayota (*Sechium edule*) as a technological alternative, for which a factorial design A x B x C is analyzed, these variables related to the osmotic solution were: sucrose concentration (35, 45 and 55 0Brix), calcium chloride content (5, 10 and 15%) and immersion time (4 and 6 hours). The experimental responses obtained during the osmotic dehydration process consisted of determining the weight loss, moisture loss and solids gain, values that allowed establishing the effective diffusivity for water and solids, as well as the mass transfer coefficient for lost water in the development of dehydration. The results achieved and based on the statistical analysis of the experimental responses previously mentioned in cidrayota osmodehydrate, as the best treatment at T14, contained 5% CaCl₂, 55% sucrose dehydrating solution, and 6 hours of immersion time. Once the osmotic dehydration process was finished, drying was applied, and the treatment was improved, where it was performed; proximal and texture analysis, after this a PFD diagram of an industrial level plant with a production of 50 kg / day of dried cidrayota was designed.

Keywords: cidrayota, osmotic dehydration, mass transfer, effective diffusivity

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE LA AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN	viii
CAPITULO I	1
MARCO TEORICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
CAPITULO II.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1 Materiales	5
2.1.1 Materia prima	5
2.1.2 Jarabe de inmersión	5
2.2 Métodos	5
2.2.1 Deshidratación osmótica	5
2.2.2 Diseño Experimental	6
2.2.3 Análisis estadístico	7
2.2.4 Diagrama de flujo	8
2.2.5 Descripción del Proceso	9
2.2.6 Caracterización físico-química de la materia prima	10
2.2.6.1 Humedad y Materia Seca	10
2.2.6.2 Sólidos solubles	10
2.2.6.3 Potencial de Hidrogeno (pH) y Acidez titulable (% ácido cítrico)	10
2.2.7 Índice de madurez.....	11

2.2.8	Análisis en el proceso de deshidratación Osmótica.....	11
2.2.8.1	Pérdida de %PP, %PH y %PAw	12
2.2.8.2	Ganancia de sólidos solubles	12
2.2.9	Coefficiente de Difusividad efectiva para esferas mediante el modelo de Crank.....	12
2.2.9.1	Tiempos largos ajustados para el cálculo de la difusividad.....	13
2.2.10	Coefficientes de transferencia de masa aproximada al equilibrio	13
2.2.11	Cinética de secado	14
2.2.12	Determinación de la composición proximal y fisicoquímica del mejor tratamiento.....	14
2.2.12.1	Cenizas.....	14
2.2.12.2	Proteína, Fibra Dietética Total y Grasa.....	15
2.2.12.3	Carbohidratos	15
2.2.12.4	Energía.....	15
2.2.13	Actividad de agua	16
2.2.14	Determinación de propiedades texturales	16
CAPITULO III	.....	17
RESULTADOS Y DISCUSION	.....	17
3.1	Caracterización de la materia prima.....	17
3.2	Pérdida de peso durante la deshidratación osmótica.	17
3.3	Ganancia de Sólidos	19
3.4	Perdida de Humedad.....	21
3.4	Difusividad Efectiva	23
3.5	Coefficiente de Transferencia de Masa	24
3.6	Curva de Cinética de Secado.....	25
3.7	Determinación del tratamiento óptimo.....	26
3.8	Análisis proximal y fisicoquímico del tratamiento óptimo	27
3.9	Análisis de Textura.....	28
3.10	Balance de materia	30
CAPITULO IV	.....	33
CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	.....	33
Conclusiones	.....	33
Recomendaciones	.....	34

BIBLIOGRAFÍA.....	35
-------------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruta cidrayota (<i>Sechium Edule</i>) (Moreira, 2018).....	1
Figura 2. Diagrama de flujo de cidrayota deshidratada osmóticamente.....	8
Figura 3. Pérdida de peso en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota a 4 horas.....	18
Figura 4. Pérdida de peso en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota 6 horas.....	18
Figura 5. Ganancia de solido en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota 4 horas.....	20
Figura 6. Ganancia de sólidos en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota 6 horas.....	20
Figura 7. Pérdida de humedad 4 horas en el proceso de deshidratación osmótica de Cidrayota.....	21
Figura 8. Pérdida de humedad 6 horas en el proceso de deshidratación osmótica de Cidrayota.....	22
Figura 9. Humedad vs Tiempo.....	25
Figura 10. Análisis de textura de comparación de materia prima cidrayota y el mejor tratamiento a2b0c1 (55 0Brix , 5 % CaCl ₂ , 6 horas).....	29
Figura 11. Diagrama PFD de la planta procesadora de Cidrayota Osmodeshidratada. ...	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura del diseño experimental.....	6
Tabla 2. Combinaciones Experimentales.....	6
Tabla 3. Caracterización de la materia prima Cidrayota.....	17
Tabla 4. Composición Proximal (%) de cidrayota (<i>Sechium edule</i>) deshidratada.....	27

INDICE DE ANEXOS.

Tabla A 1 Datos calculados para pérdida de Peso en cada tratamiento.....	40
Tabla A 2 Datos calculados para Ganancia de Sólidos en cada tratamiento.....	41
Tabla A 3 Datos calculados para pérdida de Humedad en cada tratamiento.....	42
Tabla A 4 Datos calculados para Difusividad de agua en cada tratamiento.....	43
Tabla A 5 Datos calculados para Difusividad de sólidos en cada tratamiento.....	44
Tabla A 6 Datos calculados para Transferencia de masa en cada tratamiento.....	45

Tabla B. 1 Análisis de Varianza para Pérdida de peso - Suma de Cuadrados Tipo III. ...	47
Tabla B. 2 Prueba Tukey HSD para Concentración de sacarosa. Método: 95,0 %.....	47

Tabla B. 3 Prueba Tukey HSD para % de Cloruro de Calcio. Método: 95,0 %.	47
Tabla B. 4 Prueba Tukey HSD para Tiempo. Método: 95,0 %.	47
Tabla B. 5 Análisis de Varianza para Ganancia de sólidos - Suma de Cuadrados Tipo III.	47
Tabla B. 6 Prueba Tukey HSD para Concentración de Sacarosa Método: 95,0 %.	48
Tabla B. 7 Prueba Tukey HSD para % de CaCl ₂ Método: 95,0 %.	48
Tabla B. 8 Prueba Tukey HSD para Tiempo Método: 95,0 %.	48
Tabla B. 9 Análisis de Varianza para Pérdida de humedad - Suma de Cuadrados Tipo III.	48
Tabla B. 10 Prueba Tukey HSD para Concentración de Sacarosa Método: 95,0 %.	48
Tabla B. 11 Prueba Tukey HSD para Tiempo Método: 95,0 %.	48
Tabla B. 12 Análisis de Varianza para Difusividad del Agua - Suma de Cuadrados Tipo III.	49
Tabla B. 13 Prueba Tukey HSD para Tiempo Método: 95,0 %.	49
Tabla B. 14 Prueba de Tukey HSD para Concentración Método: 95,0 porcentajes.	49
Tabla B. 15 Análisis de Varianza para difusividad de sólidos - Suma de Cuadrados Tipo III.	49
Tabla B. 16 Prueba Tukey HSD para Concentración Método: 95,0 %.	49
Tabla B. 17 Prueba Tukey HSD para Tiempo Método: 95,0 %.	50
Tabla B. 18 Análisis de Varianza para transferencia de masa - Suma de Cuadrados Tipo III.	50
Figura C 1. Resultado del tratamiento óptimo en base a los parámetros analizados de pérdida de peso y humedad, ganancia de sólidos, coeficiente de difusividad y transferencia de masa.	52
Figura D 1. Fotografías.	54

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 Antecedentes Investigativos

La fruta cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* es conocida con varios nombres comunes, mayoritariamente como chayote, un derivado de la palabra azteca "chayotl" que significa "con espinas"; en Florida es conocida como vegetable-pear, en Estados Unidos como christophine, en Luisiana le llaman mirliton y en Japón, cho-cho (Aung, Ball, & Kushad, 2009).

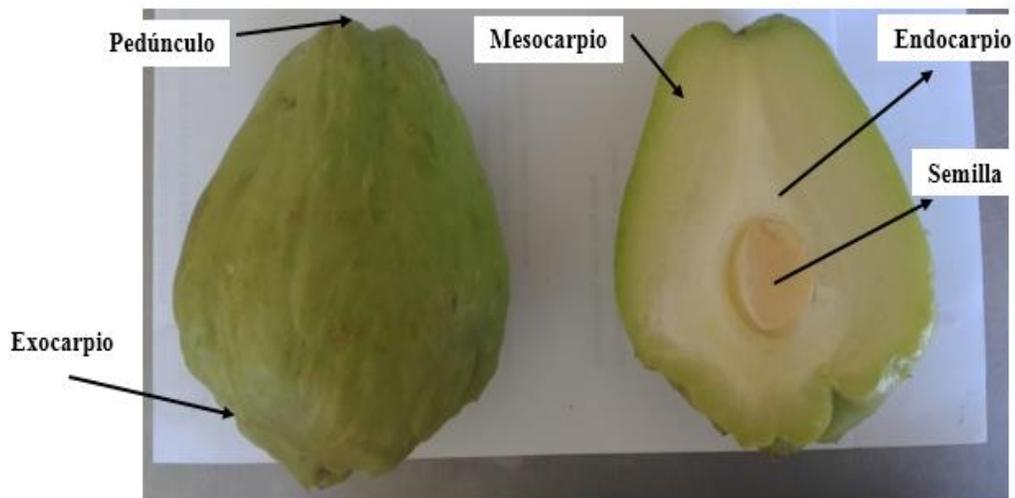


Figura 1. Fruta cidrayota (*Sechium Edule*) (Moreira, 2018)

La especie *Sechium edule* forma parte de la familia de las *Cucurbitáceas*, mismas que se identifican por ser escaladoras, y formar uno de los conjuntos de plantas con mayor número de especies con importancia económica y cultural (Reyes E, 2012).

La cidra se caracteriza por tener un color que va desde el verde oscuro hasta un amarillo claro, crece en zonas con altitudes entre 500 y 1200 metros sobre el nivel del mar, en climas húmedos y en los cuales la vegetación primaria está representada principalmente por bosque mesófilo de montaña y ecotonos de éste, con selvas y media

subperennifolias. Los sitios en los que se desarrolla son cañadas húmedas asociadas a caídas de agua y arroyos (**Lira-Saade, 1995**).

Según **FAO, (2017)**, algunos estudios concuerdan en que la cidrayota (*Sechium edule*) se puede procesar para ser enlatada o bien desarrollar productos azucarados, osmodeshidratados o confitados, a partir de su inmersión en almíbares, jarabes de sacarosa o soluciones hipertónicas. **Encarnación, (2017)** presenta algunos de los diferentes productos que se pueden obtener por estos métodos: Cidrayota en rodajas enlatada en líquido de gobierno, cidra en trozos o en picadillo enlatada en almíbar, rodajas o trozos de cidrayota confitada o deshidratada, chayote en trozos mezclado con otras frutas o vegetales.

La sacarosa es un disacárido compuesto por la unión de una molécula de glucosa y una de fructosa mediante un enlace glucosídico, este es el principal elemento que endulza y forma cristales en la elaboración de dulces es por ello que se agrega glucosa, azúcar invertido o agentes hidrocálidas que elevan la viscosidad de la solución de sacarosa, evitando que esta cristalice a pesar de su elevada concentración. (**Martel, 2009**)

Por lo tanto es una sustancia que posee un sabor agradable al paladar, de acuerdo a ello se ha convertido en uno de los solutos más empleados a nivel industrial para preparar alimentos a la vez que posee también una alta efectividad de deshidratación osmótica eliminando con rapidez el agua de la fruta.

La deshidratación osmótica consiste en la eliminación parcial de agua de los alimentos, tales como: frutas, verduras y hortalizas. Se efectúa por medio de la inmersión del alimento en una solución hipertónica (sacarosa, cloruro de sodio) para posteriormente someterla a un proceso de secado. La tasa de eliminación de agua depende de muchos factores, tales como: la temperatura y concentración de la solución osmótica, tiempo de exposición, tamaño y forma de los alimentos (**García Pereira et al., 2013**). El fenómeno de ósmosis radica en la salida de agua desde una solución disuelta atrapada dentro de una membrana semipermeable hacia una solución más concentrada que rodea a la membrana. Este fenómeno físico gobierna la operación de inmersión en el jarabe durante la elaboración de fruta confitada o deshidratada, en la que el jugo celular de la fruta se

transfiere a la solución osmótica y el soluto de la solución pasa a la fruta por difusión (Yurivilca, 2002).

Arreola, S. I., & Rosas, M. E. (2007). determinaron los coeficientes de difusión efectivos y los coeficientes de transferencia de masa para la humedad perdida y para los sólidos ganados en el proceso de deshidratación osmótica de higos (*ficus carica*), mediante los siguientes factores; tres concentraciones de sacarosa en solución (55, 65 y 75%) y dos temperaturas (35 y 45 °C), bajo vacío constante (aprox. 40 kPa). Para lo cual se consideró una geometría esférica y estado inestable, y a la vez una cinética de primer orden. Los coeficientes de difusión y de transferencia de materia para agua incrementaron con la temperatura y los mayores valores que se obtuvieron fueron para una concentración de sacarosa con el 65% y 35°C. La concentración de la solución osmótica y la temperatura influyen considerablemente durante el proceso debido a que un incremento de esta última provoca una mayor pérdida de agua y penetración de sacarosa. Además, otro factor que contribuye a la apertura de la estructura del higo, disminuyendo el tiempo de proceso es el vacío.

Campos, A., y Flores, D. (2012) estudiaron la deshidratación osmótica de placas de chayote (*Sechium edule*) utilizando soluciones hipertónicas de sacarosa a concentraciones de 40, 50 y 60 % y cloruro de sodio en 5, 10 y 15 % a diferentes temperaturas: 40 °C, 50 °C y 60 °C. Las placas fueron sumergidas en las soluciones en una relación de 1:20 durante 2 horas. Se observó que la concentración del soluto osmótico y la temperatura son directamente proporcionales a la pérdida de agua y a la ganancia de sólidos en placas de chayote. El cloruro de sodio genera una menor ganancia de sólidos y una menor pérdida de agua en comparación con la sacarosa en placas de chayote. El proceso de ósmosis en el chayote favorece la inclusión de este en el desarrollo de nuevos productos alimentarios.

La deshidratación osmótica combinada con un proceso de secado, permite obtener productos alimentarios secos con una capacidad nutricional y sensorial altas a la vez que le otorga una vida de anaquel prolongado (**Lombarda, Oliveira, Fito, & Andrés, 2008**). La cinética de secado implica fenómenos de transferencia de masa y energía, el modelo difusional de Fick es ampliamente utilizado por muchos investigadores en el

estudio de secado de alimentos. Las curvas de secado analizan factores como: velocidad de secado, contenido de agua en base seca y húmeda, pérdida de peso y temperatura de aire (Giraldo Zuniga, Arévalo Pinedo, Silva, Silva , Valdes Serra, & Palvak, 2010).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Diseñar el proceso de deshidratación Osmótica para Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis*

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar físico-químicamente la materia prima (cidrayota).
- Determinar la difusividad efectiva y coeficientes de transferencia de masa en el proceso de deshidratación osmótica.
- Proponer un diagrama PFD para producir 50kg/día de cidrayota osmodeshidratada.
- Establecer las características físico-químicas, composición proximal y análisis de textura en el mejor tratamiento.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Materia prima

Se utilizó fruta cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* producida en el Cantón Baños de la Provincia de Tungurahua. Una vez recolectada la fruta, se transportó a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato para su respectivo análisis y procesamiento. Para la caracterización de las propiedades físico-químicas se tomó en cuenta el estado de madurez pintón y se realizó dos réplicas.

La selección de la cidrayota se realizó a través de un muestreo aleatorio considerando el grado de madurez (estado 4-pinton), color verde claro (Moreira, 2018).

2.1.2 Jarabe de inmersión

El jarabe de sacarosa será elaborado utilizando agua potable y azúcar, se prepararán tres jarabes de diferentes concentraciones (35, 45,55%) (Allcca, 2017). Posteriormente cada jarabe será sometido a ebullición durante 1 minuto con el fin de eliminar hongos y levaduras y por lo mismo facilitar la disolución del soluto.

2.2 Métodos

2.2.1 Deshidratación osmótica

Durante la deshidratación osmótica se procedió a medir los siguientes parámetros: pérdida de humedad, pérdida de masa, ganancia de sólidos. Las muestras fueron monitoreadas durante un lapso de cuatro y seis horas, determinando así los parámetros mencionados anteriormente con una frecuencia de cada media hora hasta llegar a los tiempos indicados .(Cornejo et al., 2000).

2.2.2 Diseño Experimental

Para el análisis del diseño del proceso de deshidratación osmótica para Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* se consideró un diseño experimental tipo A x Bx C(3 x 3x 2) con dos réplicas (Ortega, 2018), (Allcca, 2017).

Tabla 1. Estructura del diseño experimental.

Factores	Niveles
A = (Concentración de sacarosa)	a ₀ : 35 %
	a ₁ : 45 %
	a ₂ : 55 %
B = (Contenido de Cloruro de Calcio)	b ₀ : 5 %
	b ₁ : 10%
	b ₂ :15%
C =Tiempo de exposición	C ₁ :2 horas
	C ₂ :4horas

Elaborado por: Mayra Casillas, 2019

Tabla 2. Combinaciones Experimentales.

Tratamiento	Combinaciones	Concentración de Sacarosa (°Brix)	% de Cloruro de Calcio	Tiempo
T1	a ₀ b ₀ c ₀	35	5	4
T2	a ₀ b ₀ c ₁	35	5	6
T3	a ₀ b ₁ c ₀	35	10	4
T4	a ₀ b ₁ c ₁	35	10	6
T5	a ₀ b ₂ c ₀	35	15	4
T6	a ₀ b ₂ c ₁	35	15	6
T7	a ₁ b ₀ c ₀	45	5	4
T8	a ₁ b ₀ c ₁	45	5	6
T9	a ₁ b ₁ c ₀	45	10	4
T10	a ₁ b ₁ c ₁	45	10	6
T11	a ₁ b ₂ c ₀	45	15	4
T12	a ₁ b ₂ c ₁	45	15	6

T13	$a_2b_0c_0$	55	5	4
T14	$a_2b_0c_1$	55	5	6
T15	$a_2b_1c_0$	55	10	4
T16	$a_2b_1c_1$	55	10	6
T17	$a_2b_2c_0$	55	15	4
T18	$a_2b_2c_2$	55	15	6

2.2.3 Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$), utilizando los paquetes informáticos Excel y Statgraphics Centurión XV II.

2.2.4 Diagrama de flujo

La fruta deshidratada osmóticamente fue elaborada en base a los tratamientos determinados (tabla N.-2) y a la vez siguiendo el procedimiento descrito en la figura 1

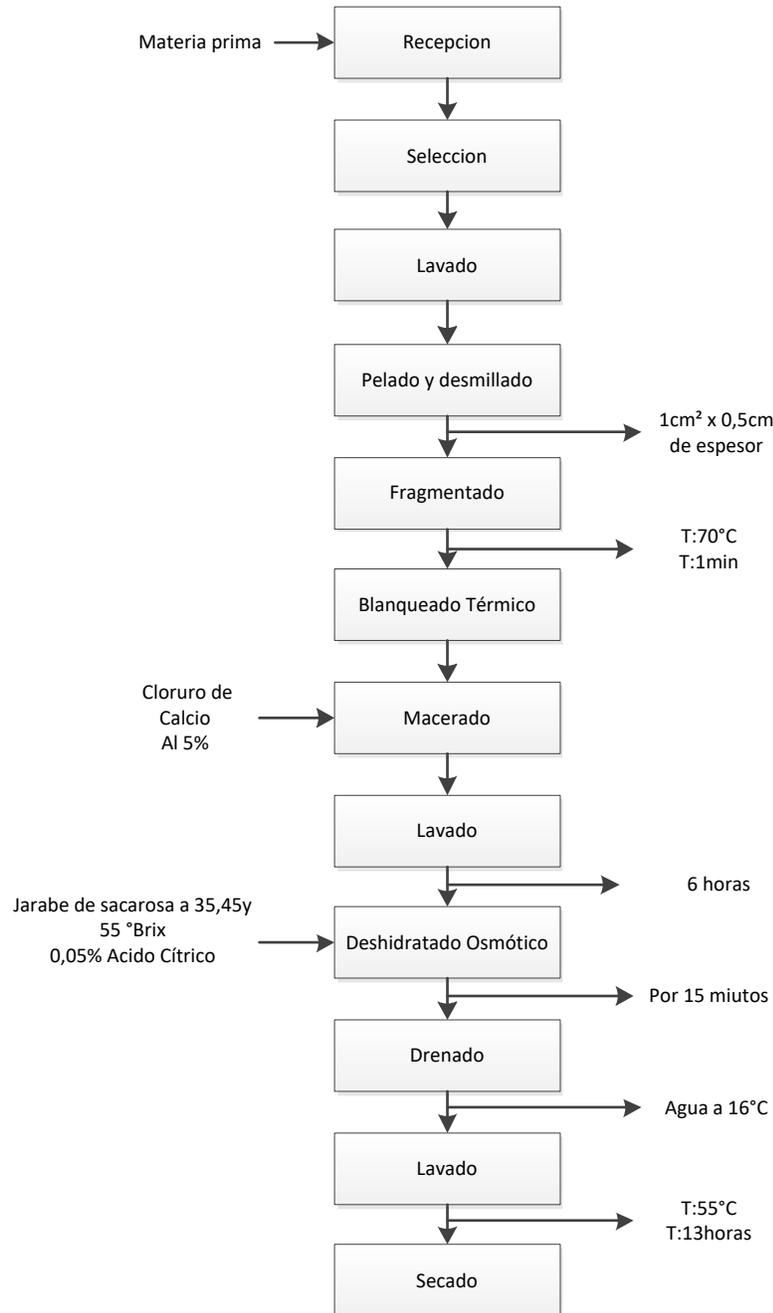


Figura 2. Diagrama de flujo de cidrayota deshidratada osmóticamente.

2.2.5 Descripción del Proceso

a) **Recepción de la materia prima**

La fruta destinada para el procesamiento estuvo en un punto de madurez adecuado, en este caso la cidrayota debe estar fresca para evitar la eliminación de agua y el incremento de sólidos solubles con la finalidad de ayudar a obtener resultados más exactos.

b) **Inspección y selección**

Para esta operación la fruta deberá poseer los siguientes requerimientos: no poseer magulladuras, golpes y que su estado de madurez sea pintón.

c) **Lavado**

Se lavó la fruta con abundante agua para eliminar residuos como tierra u otros residuos.

d) **Pelado y desmillado**

Es una operación en la que se eliminó la cascará que cubre a la cidrayota conjunto con la semilla.

e) **Fragmentado**

Se cortó la fruta en cubos de 1 x 1 x 0,5 cm (largo, ancho, espesor) y se sumergió en una solución de Meta bisulfito de sodio (0,5 g x L) por 15 min con el fin de inactivar carga microbiana.

f) **Blanqueado Térmico**

La fruta recién fragmentada fue sometida a un blanqueado con agua a una temperatura de 70 °C durante 1 minutos, con el objetivo de ablandar la pared porosa y que la osmosis se de con mayor facilidad, al término de este tiempo se escurrirá la fruta rápidamente para sumergirla nuevamente en agua fría (aproximadamente a 16 °C) lo que permitirá que la fruta recupere la turgencia perdida durante la cocción (**Allcca Cusi, 2017**)

g) **Deshidratado osmótico**

Se realizó mediante la inmersión de la fruta en la solución osmótica de sacarosa a diferentes concentraciones (35,45,55% SST (sólidos solubles totales)), para lo cual se empleó una relación fruta: jarabe de (1:4), a temperatura ambiente por un tiempo de 4 y 6 horas, previo al jarabe preparado se le agregará ácido cítrico con una concentración

de 0,005% (0,5 g/L de jarabe) lo que contribuirá a aumentar el pH e inactivar enzimas que puedan causar fermentación (Calderón Jimenez & Jiménez, 2011).

h) Drenado

Se dreno la solución de la fruta en un colador por aproximadamente 15 min.

i) Enjuague

Consistió en el lavado de la fruta con agua a 16 °C para eliminar el exceso de jarabe.

j) Secado

Se colocó en bandejas, en un secador de marca GANDER MTM con aire circulante a 55 °C durante 10 h (Calderón Jimenez & Jiménez, 2011).

k) Almacenado

Se almaceno en fundas de polietileno (PET) debido a su capacidad de resistencia a la humedad y a la manipulación.

2.2.6 Caracterización físico-química de la materia prima

2.2.6.1 Humedad y Materia Seca

Se determinó mediante la balanza de humedad (Mettler Toledo HX204 – Moisture Analyzer) con una temperatura de 105 ±0,1 °C. Para determinar el contenido de materia seca g/100g se aplicó la ecuación:

$$\%MS = 100 - \%H$$

2.2.6.2 Sólidos solubles

Este análisis se determinó mediante la norma **NTE INEN-ISO 2173** usando un refractómetro digital ATAGO® Pocket-Japón.

2.2.6.3 Potencial de Hidrogeno (pH) y Acidez titulable (% ácido cítrico)

El potencial de hidrogeno se determinó siguiendo la metodología descrita por la norma NTE INEN-ISO 1842 (**INEN 2013b**) para lo cual se usó un pH-metro digital (Mettler Toledo – G20), con medida directa en una solución de agua destilada (45ml y 5g de

muestra). La acidez titulable se realizó mediante la metodología de acuerdo a la norma **NTE INEN-ISO 750**, para este análisis se utilizó un titulador automático (Mettler Toledo G20 – Titrator Compact) con NaOH 0,1 N hasta un pH final de $8,1 \pm 0,2$. Los valores de acidez titulable se expresaron en porcentaje de ácido cítrico contenido en la muestra y se calculó mediante la ecuación 1.

$$A = V \times 2 \times F$$

Dónde:

A = Acidez titulable en porcentaje de ácido específico (g ácido cítrico/100 g de fruta)

V = Volumen de solución de NaOH 0,1 N empleado en la titulación (ml)

F = Factor de acidez del ácido cítrico (0,064) (**Castro Rodríguez et al., 2015**)

2.2.7 Índice de madurez

Se determinó de acuerdo a la siguiente ecuación **Alvarado (1998)**

$$Im = \frac{\text{solidos solubles}}{\text{Acidez Total}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde: P₁

Im = Índice de Madurez

2.2.8 Análisis en el proceso de deshidratación Osmótica

Para determinar la evolución de la cinética de deshidratación osmótica se midieron los siguientes factores: pérdida de peso, humedad, solidos solubles ganados y actividad de agua.

2.2.8.1 Pérdida de %PP, %PH y %PAw

En la pérdida de peso (PP), humedad (PH) y actividad de agua (PAw) se usó la siguiente ecuación

$$\%PP = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} * 100$$

(Ec. 2)

Dónde:

Pi: peso inicial de humedad, peso y Aw

Pf: peso final de humedad, peso y Aw

2.2.8.2 Ganancia de sólidos solubles

Para la determinación de ganancia de sólidos se usó la siguiente fórmula:

$$\%GS = \frac{(Brix_f - Brix_i)}{Brix_i} * 100$$

(Ec. 3)

Dónde:

%GS: porcentaje de ganancia de sólidos solubles

°Brix_f : grados Brix de la muestra osmodeshidratada

°Brix_i : son los grados Brix de la muestra fresca.

2.2.9 Difusividad efectiva para esferas mediante el modelo de Crank

La difusividad efectiva se determinó a partir de los resultados obtenidos de humedad y sólidos ganados. Los cálculos se realizaron mediante la siguiente ecuación basada en el modelo de Crank.

$$MR = \frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{De_w n^2 \pi^2 t}{r^2}\right)$$

(Ec. 4)

$$SR = \frac{S_t - M_\infty}{S_0 - M_\infty} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{De_s n^2 \pi^2 t}{r^2}\right)$$

(Ec. 5)

Dónde:

MR y SR: proporciones de humedad y de solutos, respectivamente.

Subíndices: 0, ∞ y t representan las concentraciones iniciales, en equilibrio y a cualquier tiempo.

De_w y De_s: coeficientes de difusión efectiva (m²/s) de agua y solutos respectivamente.

2.2.9.1 Tiempos largos ajustados para el cálculo de la difusividad

$$MR = \frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \frac{6}{\pi^2} \exp\left(-\pi^2 \left(\frac{De_w t}{r^2}\right)\right)$$

(Ec. 6)

$$SR = \frac{S_t - S_\infty}{S_0 - S_\infty} = \frac{6}{\pi^2} \exp\left(-\pi^2 \left(\frac{De_s t}{r^2}\right)\right)$$

(Ec. 7)

2.2.10 Coeficientes de transferencia de masa aproximada al equilibrio

La transferencia de masa se determinó mediante una cinética de primer orden, donde los coeficientes fueron calculados de la siguiente manera (**Rastogi N. , Raghavarao, Niranjana, & Knorr, 2002**)

$$-\frac{dm}{dt} = K_w (M_t - M_\infty)$$

(Ec. 8)

$$-\frac{ds}{dt} = K_s(S_t - S_\infty)$$

(Ec. 9)

2.2.11 Cinética de secado

Para la determinación de este análisis, se realizó una curva de secado expresada como humedad en base seca (HBS) (g agua/ g de sólido secos) vs tiempo. El cual consistió en pesar la muestra en intervalos de tiempo de una hora hasta completar un lapso de 13 horas obteniendo así el contenido de agua en base seca

Durante el secado convectivo se considera que solo sale agua (Gamboa Santos, Megías Pérez, Montilla , Soria, & Villamiel, 2012).

2.2.12 Determinación de la composición proximal y fisicoquímica del mejor tratamiento

2.2.12.1 Cenizas

El contenido de cenizas se determinó en base a la norma NTE INEN-ISO 3593 , para cual se colocó 3 gr de muestra en un crisol tarado , a este se lo llevo a una cocineta para realizar una preinsineracion y de esta manera carbonizar la muestra , posterior a este proceso se coloca en el crisol y la muestra carbonizada en un horno mufla (Nabertherm – Alemania) a una temperatura de $650^{\circ} \text{C} \pm 0,1$ por un lapso de 4 horas , seguido se procedió a ubicar el crisol en un desecador hasta su enfriamiento para así determinar las cenizas mediante la ecuación

Cálculo:

$$\% \text{Cenizas} = m_1 * \frac{100}{m_0} \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

m_0 = Es la masa, en g, de la porción de ensayo

m_1 = Es la masa, en g, del residuo tras la incineración

2.2.12.2 Proteína, Fibra Dietética Total y Grasa

La determinación de proteína, fibra y grasa se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología en la Universidad Técnica de Ambato, mediante los siguientes métodos

- Análisis de Proteína a través del método de la AOAC 991.2 Ed 20, 2016.
- Análisis de Fibra dietética total a través del método de la AOAC 985.29 Ed 20, 2016.
- Análisis de Grasa, método de la AOAC 2003.06 Ed 20, 2016.

2.2.12.3 Carbohidratos

Los carbohidratos se calcularon mediante la diferencia de los macronutrientes que se determinaron anteriormente, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - (\text{Humedad} + \text{Cenizas} + \text{Grasa} + \text{Proteína} + \text{Fibra}) \quad (\text{Ec. 3})$$

2.2.12.4 Energía

Se determinó considerando la proteína y los carbohidratos con una aportación de 4 kcal/g, mientras la grasa con 9 kcal/g.

$$\text{Energía} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{g}} \right) = ((\text{Proteínas} \times 4) + (\text{Grasa} \times 9) + (\text{Carbohidratos} \times 4)) \quad (\text{Ec. 4})$$

2.2.13 Actividad de agua

El actividad de agua (a_w) se determinó mediante el uso del medidor de actividad de agua AquaLab (Dew Point, WaterActivity Meter, 4TE), el cual consistió en calibrar el equipo con agua destilada hasta alcanzar un valor de a_w igual a 1.00; posterior a esto se colocó 2 g de producto final en el interior del equipo obteniendo así el valor de actividad de agua.

2.2.14 Determinación de propiedades texturales

El análisis de textura se realizó en base a los parámetros de dureza, cohesividad, índice de elasticidad y firmeza del producto., con el tratamiento óptimo; y se utilizó el Texturómetro de Brookfield EngineeringLabs, Inc.

Se empleó una sonda TA39, carga de activación de 0,07 N, elemento TA-BT-KI, velocidad de carga de 0,02mm/s y carga activa 5 segundos.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Caracterización de la materia prima

En la Tabla 3 se muestran los resultados correspondientes a la caracterización físico química de la cidrayota, en el que se observa que los valores son similares a los reportados por **Moreira (2018)** y **Encarnación (2017)**, en lo que se puede indicar que es una fruta con alta cantidad de humedad y bajo contenido de solidos solubles.

Tabla 3. Caracterización de la materia prima Cidrayota.

Parámetro	Cidrayota	Moreira (2018)	Encarnación (2017)
Humedad %	90,64±1,51	92,68	90,89
Materia seca	9,36±1,22	8,76	10,43
Solidos solubles (°Brix)	3,56±0,47	3,87	4,50
Potencial de Hidrogeno (PH)	6,65±0,22	6,25	6,49
Acidez Titulable % (ácido cítrico)	0,04±0,001	0,030	0,05
Índice de Madurez (°Brix/ acidez titulable)	128,56±0,10	134,618	130,97

n= 3 mediciones ± desviación estándar

3.2 Pérdida de peso durante la deshidratación osmótica.

Con los resultados obtenidos de pérdida de peso demostrado en el Anexo A (Tabla A1) se realizaron las Figura 3 y 4 en donde se observa una tendencia mayor de pérdida en los primeros 30 minutos de inmersión, alcanzando entre un 25 al 35 % de pérdida de peso en las cidrayotas de los tratamientos, durante este tiempo hasta las 4 horas de

deshidratación, el peso disminuye lentamente y al cabo de llegar a las seis horas encuentra su equilibrio

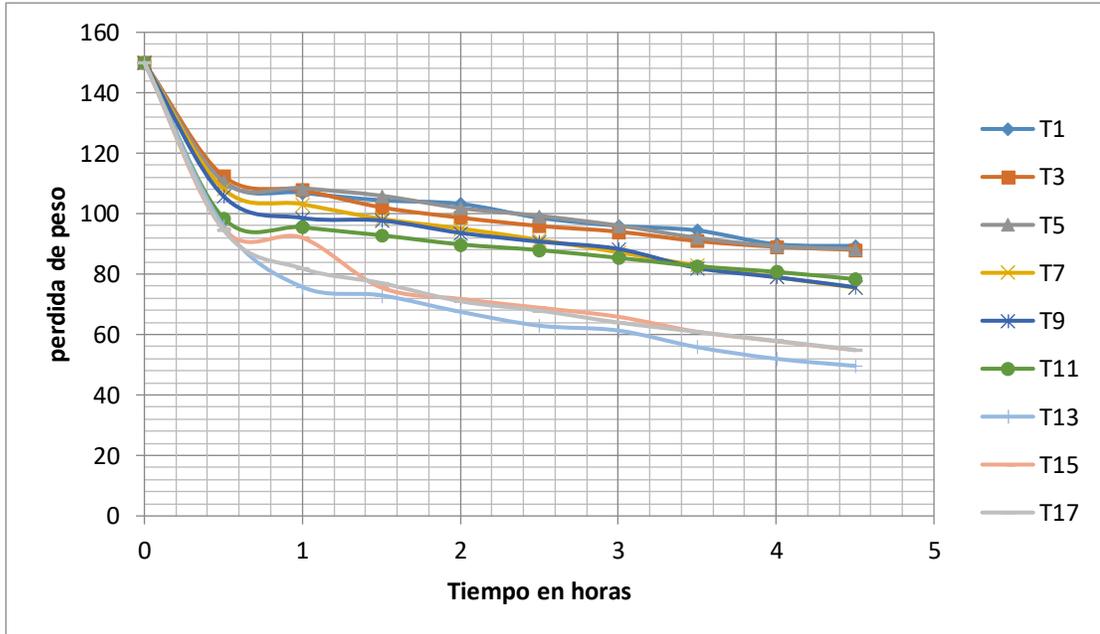


Figura 3. Pérdida de peso en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota a 4 horas de tiempo de inmersión.

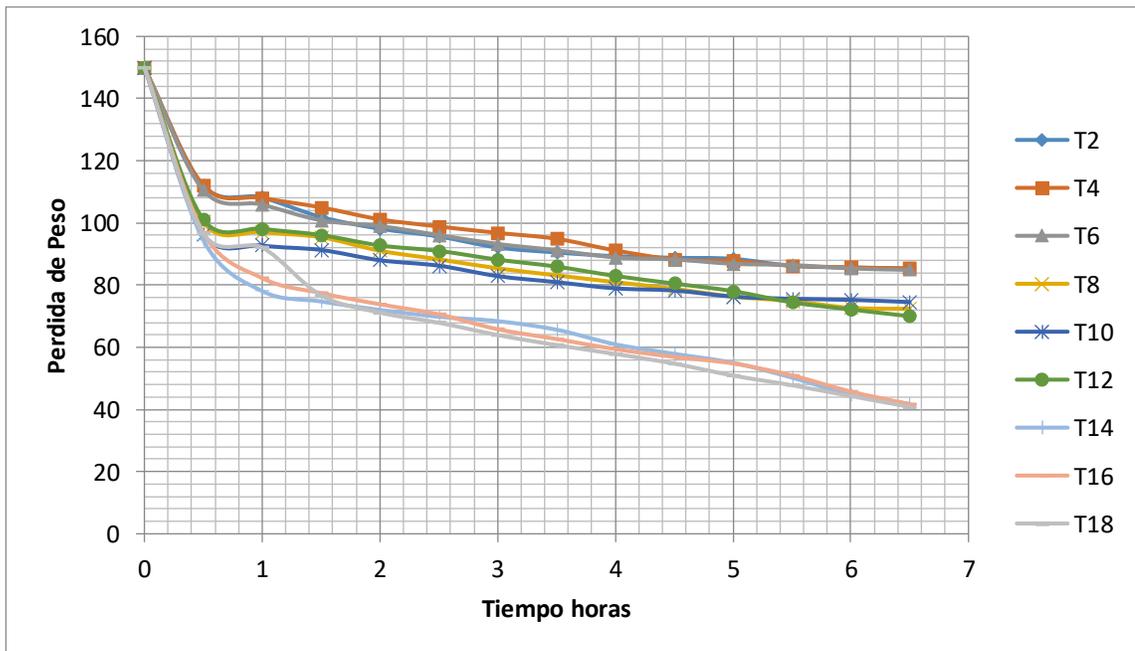


Figura 4. Pérdida de peso en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota 6 horas de tiempo de inmersión.

Los resultados del ANOVA multifactorial en la pérdida de peso, (Anexo B) Tabla B1 se realizó con la finalidad de analizar el efecto de las variables implicadas en el proceso de deshidratación osmótica en el que indica que existe diferencia significativa (95% de confianza) en los factores A (concentración de sacarosa), factor B (% de CaCl₂) y factor C (tiempo). La prueba de comparación de Tukey (Tablas B2-B4, Anexo B) nos da los mejores parámetros de pérdida de peso cuando se utiliza 55 ° Brix, 5% CaCl₂ en la solución osmótica y por 6 horas de deshidratación. Según **Rastogi et al. (2002)**, la concentración de la solución osmótica afecta la deshidratación, ya que a mayor concentración de sólidos, mayor es la celeridad de transferencia entre los sólidos de la solución y los solutos de la fruta. Por otro lado la capacidad que muestran los iones de calcio naturales y añadidos para formar enlaces con las pectinas y otros constituyentes de la pared celular y, en definitiva, para modificar las propiedades texturales y estructurales de la matriz celular vegetal, es de esperar que su presencia en los tratamientos afecte, en mayor o menor tendencia, al transporte de agua y sólidos solubles que tiene lugar durante el proceso osmótico, sobre todo si tenemos en cuenta que los mecanismos responsables del transporte de materia ocurren en conjunto con fenómenos de deformación-relajación de la estructura. Provocando que ocurra una ralentización en el proceso en alcanzar el equilibrio osmótico

3.3 Ganancia de Sólidos

En la figura 5 y 6 indica, que la ganancia de sólidos se encuentra en rangos de entre 3,9 -18 °Brix en los primeros 30 minutos para todos los tratamientos y como Brix finales entre 40- 45 estos valores se encuentran en el (Anexo a) Tabla A2 y van relacionados con las diferentes concentraciones. Así según **Vega-Gálvez et al. (2007)**, la correlación entre sólidos solubles con el tiempo se indica en los primeros minutos un estado de pseudoequilibrio donde hay una tendencia a ganar sólidos para las distintas concentraciones utilizadas probablemente debido a la rápida acción de los mecanismos hidrodinámicos que provoca la ganancia inicial de la solución osmótica por capilaridad o por los cambios de presión impuestos, sin embargo a partir de los 15 minutos todas las curvas tienden a ganar sólidos gradualmente.

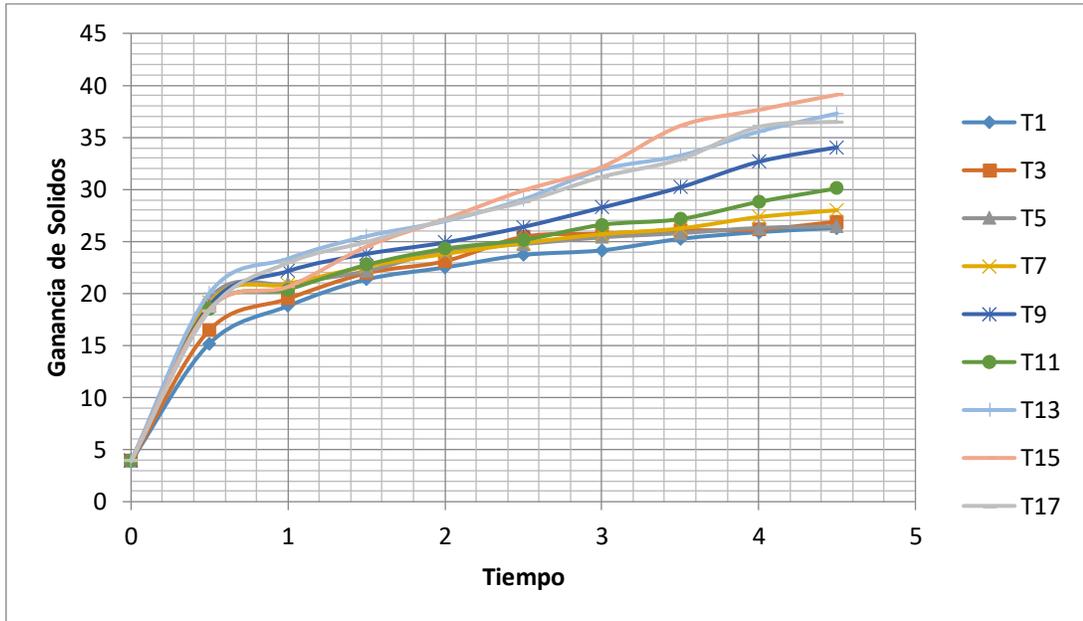


Figura 5. Ganancia de sólidos en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota 4 horas de tiempo de inmersión.

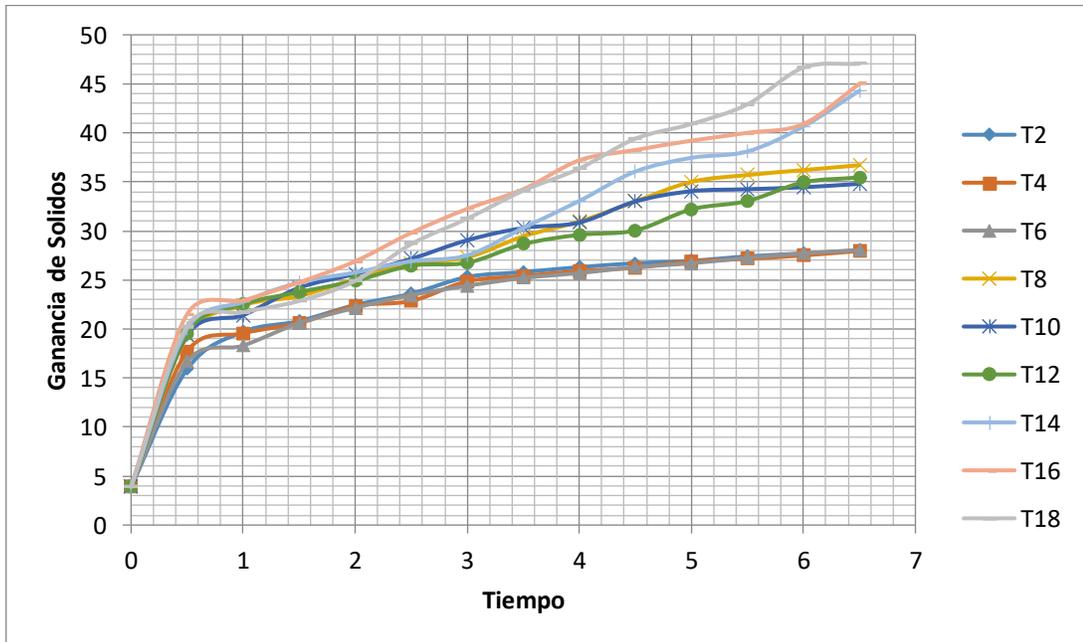


Figura 6. Ganancia de sólidos en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota 6 horas de tiempo de inmersión

El análisis de varianza se encuentra en la tabla B5-B8 (Anexo B) en el cual se observa que hay diferencia significativa para los tres factores. Factor A (concentración de sacarosa) factor B (% de CaCl₂) y Factor C (tiempo), a la vez que se realizó la prueba de comparación de Tukey donde indica que los parámetros óptimos para ganancia de sólidos es : a₂ (55 ° Brix) , b₁ (10 % CaCl₂) , c₁ (6 horas) .

Al igual que el análisis de % de pérdida de peso en este parámetro influyen los tres factores como se mencionó anteriormente el CaCl₂ afecta también la transferencia de sólidos ya que este ralentiza el proceso de deshidratación osmótica y por ello el punto de equilibrio es la variable de tiempo con seis horas.

3.4 Pérdida de Humedad

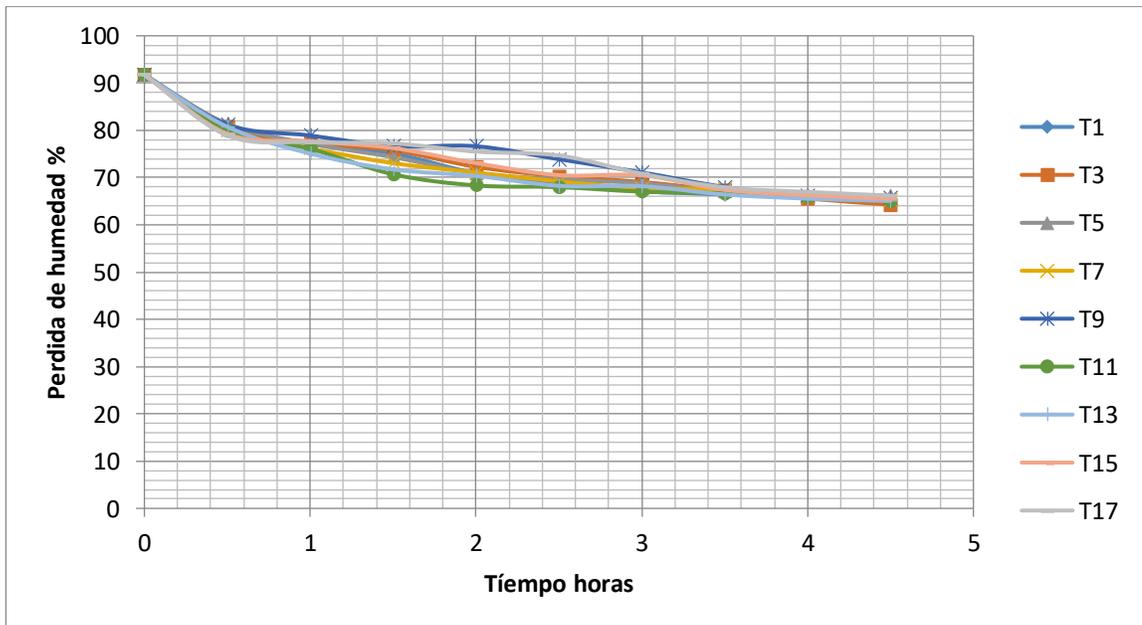


Figura 7. Pérdida de humedad en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota a 4 horas de tiempo de inmersión.

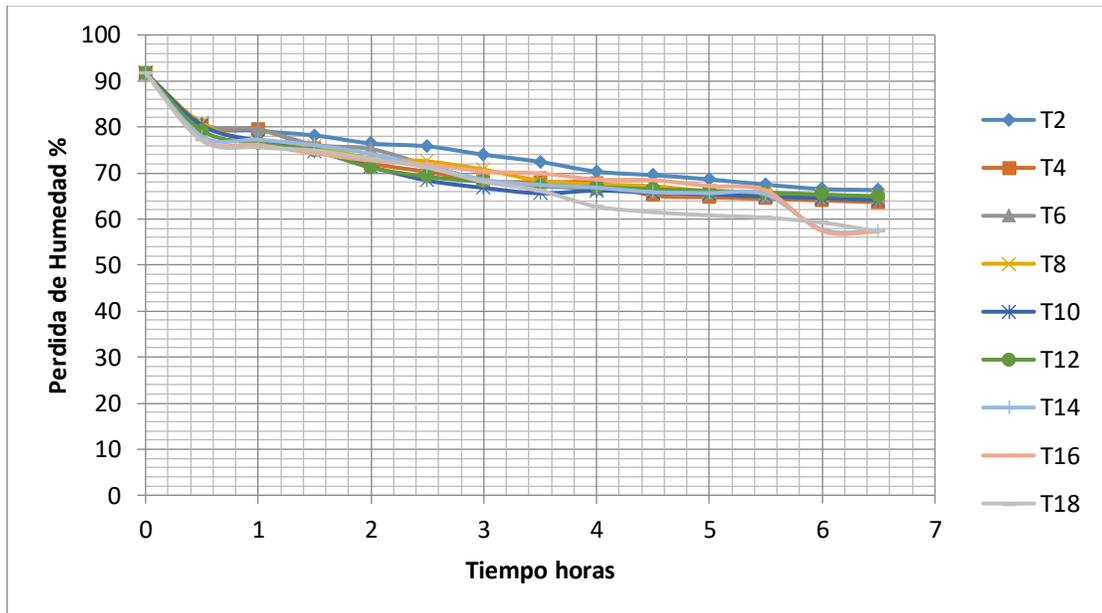


Figura 8. Pérdida de humedad en el proceso de deshidratación osmótica de cidrayota a 6 horas de tiempo de inmersión

En el proceso de deshidratación osmótica la pérdida de humedad consiste en la salida del agua de la fruta y la incorporación de los solutos de la solución hacia ella, por lo cual es un análisis de mucha importancia

En la figura 7 y 8 indica la pérdida de humedad en los diferentes tratamientos con lo que se identifica, como estos toman una tendencia decreciente de acuerdo con el tiempo. Así tenemos en el (Anexo A) en la tabla A3 que los valores en los primeros 30 minutos al igual que la pérdida de peso y ganancia de sólidos, este análisis toma una tendencia decreciente con mayor rapidez en los primeros 30 minutos, cuyos valores se hallan entre 13 al 15 % y en los tiempos finales entre 27 al 35 % de pérdida lo que concuerda con lo reportado por **Aguilar, (2011)** que estudio el efecto de la concentración y la temperatura en la deshidratación osmótica de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam*). Para obtener la cinética de deshidratación osmótica determinó mediante las respuestas experimentales: pérdida de peso (Ppt), la pérdida de agua (Pat) y la ganancia de sólidos (Gst). Estableciendo así que al final del proceso los valores de humedad descenden hasta 49.89% en el tratamiento a0b0 (50 °Brix y Temperatura Ambiente) y 33.96% en el

tratamiento a6b2 (68 °Brix y 50 °C). La variación de los resultados es marcada por los dos factores de estudio: Concentración del jarabe y Temperatura.

Por otro lado en el análisis estadístico se determinó que existe diferencia significativa con un 95% de confianza para los siguientes factores de estudio: Factor A (Concentración de Brix), Factor C (Tiempo) (Anexo B) tabla B9. A la vez se realizó la prueba de comparación de Tukey en la que se muestra los valores óptimos para este análisis nivel a_0 (55 ° Brix) y nivel c_1 (6 horas) parámetros que se ven más acentuados en los tratamientos 14,16, y 18.

Con los antecedentes pronunciados es lógico que los parámetros son directamente proporcionales para este análisis ya que a mayor concentración y tiempo mayor pérdida de humedad.

3.4 Difusividad Efectiva

Los datos obtenidos de difusividad efectiva para pérdida de humedad y ganancia de sólidos se muestra en (Anexos A) Tabla A5-A6 donde se encuentra, que el valor más alto para difusividad son para el tratamiento con 55°Brix, 5% , 6 horas (T14) con : $7,002E-07$ m²s y $6,935E-07$ m²s respectivamente , por lo que se puede decir que la concentración y el tiempo influye directamente en este análisis , esto como efecto de que al inicio del proceso de deshidratación osmótica existe una gran diferencia de sólidos en la fruta y la solución hipertónica , y en el transcurso del tiempo este sistema tiende a equilibrarse disminuyendo la velocidad de penetración de sólidos y salida de agua de la fruta o alimento.

Una vez analizados los resultados obtenidos se empleó el análisis de varianza para ambos parámetros (agua y sólidos) , en el que se estableció que existe diferencia significativa con un 95% de confianza en los factores A (Concentración) y Factor C (Tiempo) , a la vez se realizó la prueba múltiple de comparación Tukey en el cual se determinó que los niveles óptimos para difusividad son los niveles: a_2 (55 °Brix) y C_0 (6 horas) lo que concuerda con lo que se indicó anteriormente.

Según (Coaquira, Katoska, & Maquera Calle, 2010) observó que la mayor difusividad efectiva en papaya corresponde al tratamiento del estado verde a una concentración de 60°Brix, a una temperatura de 45°C dando un valor de 4,4581E-08 m²/s de difusividad efectiva y, la menor difusividad se produce en el tratamiento de mismo estado a una concentración de 50°Brix, dando un valor de 2,0264E-08 m²/s .

De acuerdo con los datos descritos precedentemente se observa que hay variación esto como causa de las características exclusivas del fruto especialmente de la porosidad, que afectan a los mecanismos de transporte involucrados en la deshidratación osmótica, de forma que cuanto mayor sea la porosidad de la fruta mayor es la ganancia de sólidos, por ende la Difusividad efectiva será mayor (Lenart & Flink, 1984).

3.5 Coeficiente de Transferencia de Masa

La transferencia de masa es un fenómeno de transporte que se produce por causa de una gradiente de concentración y se obtuvo mediante una cinética de primer orden de ahí que con los resultados obtenidos (Anexo A) demuestra que con una concentración de (55°Brix) existe mayor transferencia de masa.

Lo que se comprobó con el análisis estadístico en el cual determina que el factor influyente en este proceso es la concentración, y realizando la prueba de comparación de Tukey se estableció que el tratamiento recomendable para transferencia de masa es el a₂b₀c₁ (55 °Brix, 5 %CaCl₂, 6 horas) con un valor de 6,3041E-03 (h-1), comparado con lo reportado por (Arreola & Rosas, 2007) que trabajo en higos y determino que el coeficiente de transferencia óptimo fue de 8.230 E-03 (h-1) con los siguientes factores (55 % de sacarosa , 45 °C) resultados que son cercanos a los bibliográficos, ya que se tomó en cuenta que la composición de la fruta evaluada sea similar a la reportada para poder realizar dicha comparación.

3.6 Curva de Cinética de Secado

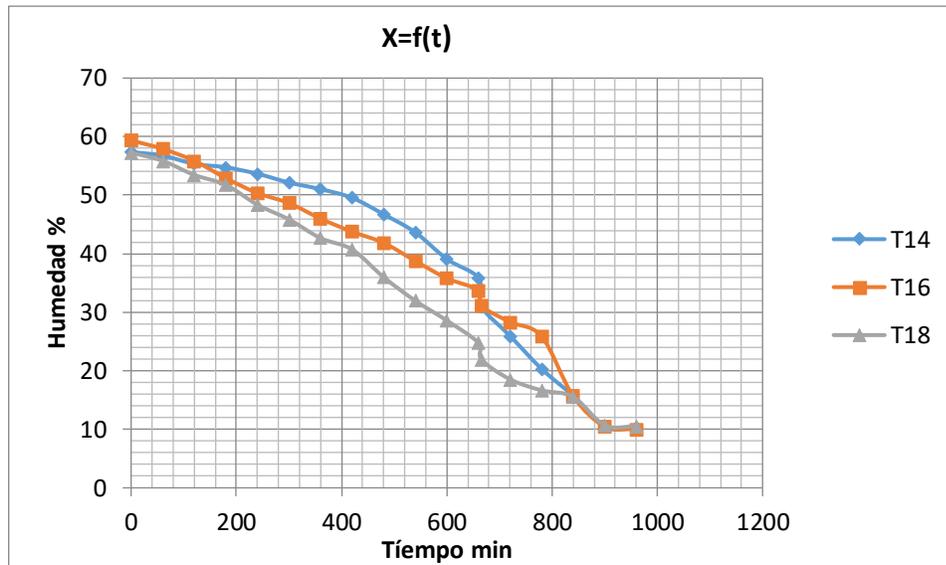


Figura 9. Humedad vs Tiempo.

Se realizó el secado como un complemento a la deshidratación osmótica ya que este es muy ventajoso porque disminuye la pérdida de nutrientes sensibles y a la vez prolonga el tiempo de vida útil de los alimentos (Aredo et al., 2012).

En la figura 9 muestra la reducción de la humedad en función del tiempo, para los tratamientos 14,16, 18 que fueron los que cumplieron de mejor manera con las respuestas experimentales analizadas anteriormente.

Las curvas de secado tienen dos fases muy importantes y se pueden verificar en la figura 9, la primera etapa denominada velocidad de secado constante muestra que sigue una tendencia lineal y se diferencia entre los primeros 120 minutos en esta etapa el sólido se calienta y la pérdida de humedad no es muy demostrativa por lo cual esta es de corta duración, ya que se elimina la humedad libre o no ligada del sólido, la segunda etapa llamada velocidad de secado decreciente se elimina la humedad ligada esta es más resistente a la evaporación por lo tanto el proceso es más largo.

Con relación a lo predicho anteriormente se calculó la velocidad de secado para cada tratamiento determinando los siguientes valores; (T 14) $0,1927 \text{ kg /sm}^2$; (T16) : $0,1289 \text{ kg/sm}^2$ y para el T 18 $0,030 \text{ kg/sm}^2$ indicando que el tratamiento 14 tiene una

velocidad mayor , lo que corrobora con los datos obtenidos para sólidos ganados , pérdida de humedad , pérdida de peso cuyo mejor tratamiento fue el T14.

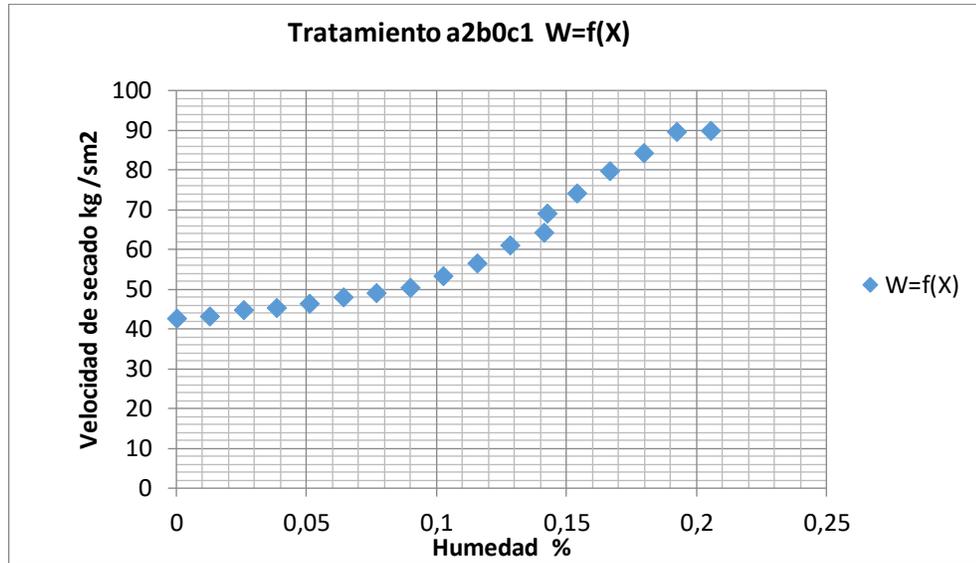


Figura 10. Humedad vs velocidad de secado

3.7 Determinación del tratamiento óptimo

El tratamiento óptimo se determinó en base a las diferentes respuestas experimentales obtenidas de : pérdida de peso, ganancia de sólidos, pérdida de humedad, difusividad efectiva, coeficiente de transferencia de masa , y en conjunto al análisis de varianza se estableció que los factores que mayor influencia presentaron fueron ; Factor A que corresponde a la concentración y el Factor B (tiempo) , esto para todos los análisis efectuados , de acuerdo con las pruebas de comparación de Tukey se obtuvo que el mejor tratamiento para todas las respuestas experimentales es el a2b0c1 (tratamiento 14) que corresponde a (55 °Brix , 5 % CaCl₂ , 6 horas) , seguido del tratamiento a2b1c1 (55 °Brix , 10 % CaCl₂ , 6 horas) y del tratamiento a2b2c2 (55 °Brix , 15 % CaCl₂ , 6 horas) , resultados que coincide con las Figuras expuestas anteriormente.

Por lo antedicho es posible discernir que para un proceso adecuado y óptimo de deshidratación osmótica se necesita de valores altos de concentración de sacarosa.

Sin embargo la variante es el Factor B , que corresponde al cloruro de calcio este ayuda a fortalecer la textura de los productos alimenticios , pero de acuerdo a la estructura de la cidrayota y esta al poseer altos porcentajes de fibra que se mantienen hasta después de

ser sometidos a procesos de secado , la mejor condición son porcentajes menores que ayudan a obtener mejor calidad , por lo tanto el mejor tratamiento para deshidratación osmótica de cidrayota es el a2b0c1 (55 °Brix , 5 % CaCl₂ , 6 horas).

3.8 Análisis proximal y fisicoquímico del tratamiento óptimo

Tabla 4. Composición Proximal (%) de cidrayota (*Sechium edule*) deshidratada.

Análisis %	Resultados
Humedad	10,22
Cenizas	2,9
Grasa	0,136
Proteína	1,69
Fibra Dietética total	7,96
Carbohidratos Totales	77,094
Energía (kcal/g)	305,96
Actividad de agua	25,86

Mayra Casillas, 2019

En la (Tabla 4) se encuentra el análisis proximal del mejor tratamiento que corresponde a a2b0c1 (55 °Brix, 5 % CaCl₂, 6 horas) los cuales tienen similitud con los reportados por (Chaglla, 2017) quien determinó que los valores de análisis proximal en zapallo osmodeshidratado fueron los siguientes Humedad 16,5; Energía (kcal/g) 385,72. Es posible identificar alguna diferencia en los resultados debido al tipo de solución osmótica empleada, así en el zapallo se utilizó miel de abeja y maracuyá.

Se tomó en cuenta la referencia bibliográfica de zapallo osmodeshidratado ya que pertenece a la misma familia de cidrayota, las Cucurbitáceas y debido a que su composición en estado fresco es similar.

Es importante destacar que el valor de actividad de agua se encuentra dentro de parámetros que se ajustan para que el producto final tenga un tiempo extendido de conservación .

3.9 Análisis de Textura

Se realizó el perfil de textura comparando la materia prima y el tratamiento óptimo obtenido, con la finalidad de observar si existe alguna diferencia con el producto final ya que al aplicar cloruro de calcio a un producto alimenticio, este aporta mayor textura, es decir evita que el alimento sufra transformaciones físicas al momento de ser sometido a procesos de secado.

El calcio realiza una asociación (que penetra en la fruta) con pectinas de las paredes celulares con lo que se fortalece la textura de la fruta y se crea un enlace tipo “unión cruzada” capaz de atenuar la difusión de azúcares hacia la fruta debido a un aumento de la tortuosidad y de la viscosidad local (**Schwartz, 1999**)

Con lo antedicho es importante observar en la figura 10 el mejoramiento que existe en cada una de las propiedades texturales, la dureza muestra que esta, un considerable incremento a pesar de que la fruta paso por un proceso de secado. La firmeza y la elasticidad son muy importantes porque son parámetros que generan suavidad en la fruta deshidratada y esta, al ser tratadas con calcio crean un beneficio ya que actúa sobre la firmeza de los tejidos, formando complejos con el ácido péptico en la membrana celular proporcionando pectato de calcio, compuesto ventajoso que ayuda a conservar la estructura de la fruta (**Al Eryani et al., 2008**).

La adhesividad y masticabilidad son bajas para ambas muestras ya que esto depende de la estructura de la fruta, pero es un buen factor ya que se realizara un menor esfuerzo al momento de ser ingerido el producto. La cohesividad es mayor en la fruta fresca ya que no ha sufrido ningún tipo de proceso térmico.

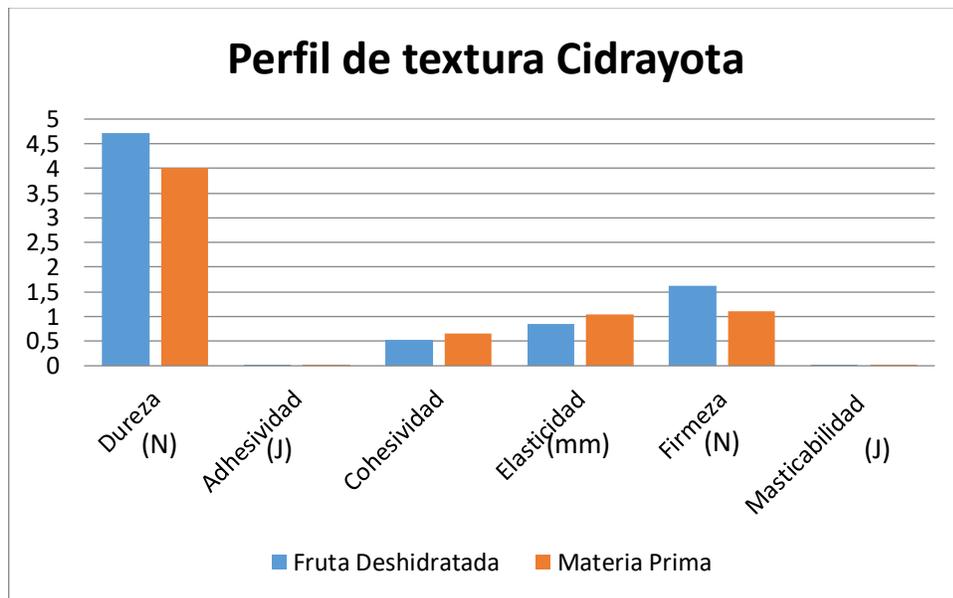


Figura 11. Análisis de textura de comparación de materia prima cidrayota y el tratamiento óptimo a2b0c1 (55 °Brix , 5 % CaCl₂ , 6 horas).

3.10 Balance de materia

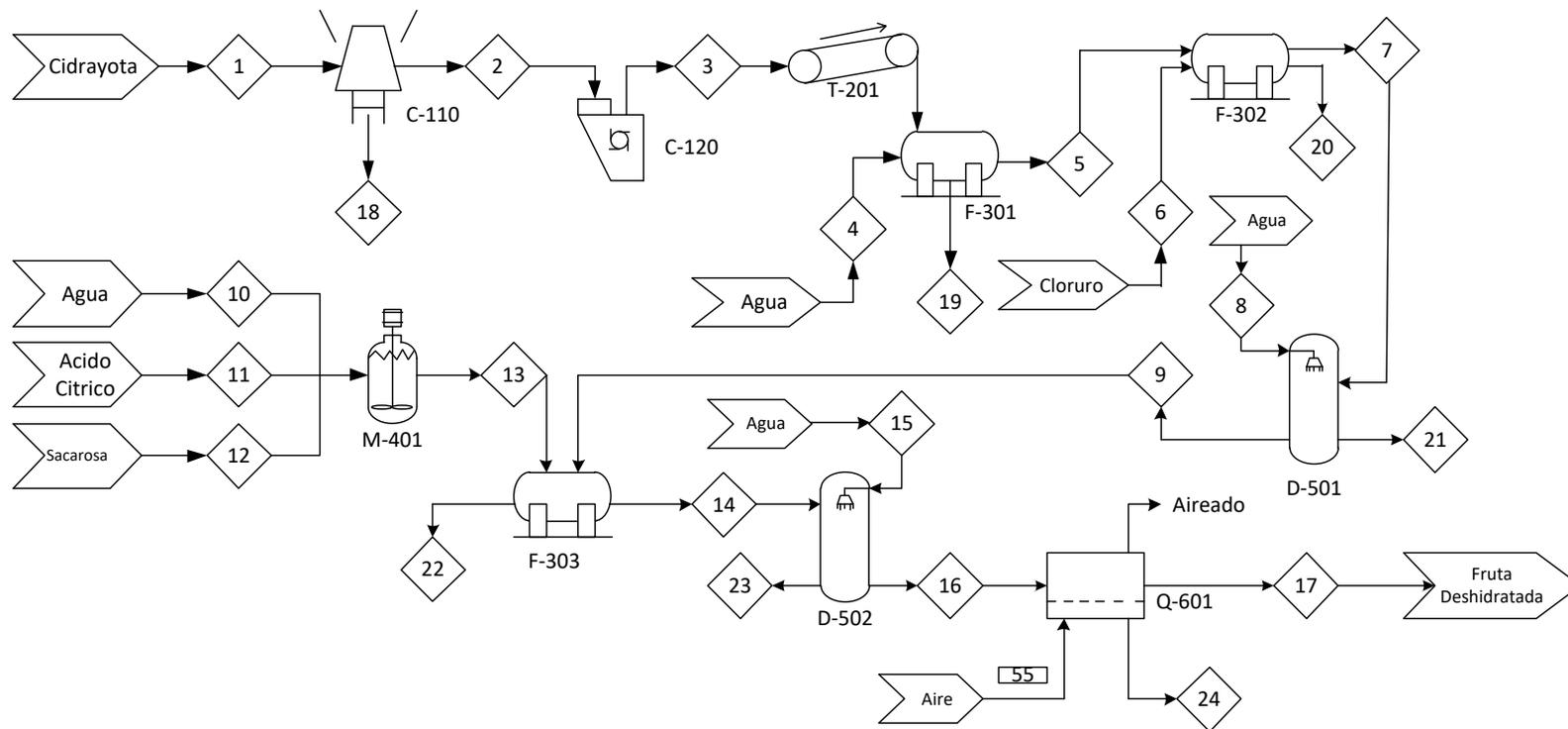


Figura 12. Diagrama PFD de la planta procesadora de Cidrayota Osmodeshidratada.

Elaborado por: Mayra Casillas

C-110	Quebradora giratoria
C-120	Cortadora giratoria (cubos)
T-201	Banda transportadora
F-301	Tanque de almacenamiento (Blanching cidra)
F-302	Tanque de almacenamiento (Macerado cidra)
F-303	Tanque de almacenamiento (D.O cidra)
M-401	Mezclador de propela (solución para D.O)
D-501	Torre de aspersion (lavado cidra después del macerado)
D-502	Torre de aspersion (lavado cidra D.O)
Q-601	Horno (secar cidra)

Número de corriente	1	2	3	4	5	6	7	8
Estado	Sólido	Sólido	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido
Temperatura (°C)	15	15	15	72	15	15	15	15
Flujo másico (kg/día)	393,70	275,59	270,079	1080,32	270,079	27	270,079	1080,32
Flujo másico de los componentes (kg/día)								
Cidra	393,70	275,59	270,079	---	270,079	---	270,079	---
Agua	---	---	---	1080,32	---	---	---	1080,32
Sacarosa	---	---	---	---	---	---	---	---
Ácido cítrico	---	---	---	---	---	---	---	---
Cloruro de calcio	---	---	---	---	---	27	---	---
Desechos	---	---	---	---	---	---	---	---

Elaborado por: Mayra Casillas

Número de corriente	9	10	11	12	13	14	15	16
Estado	Sólido	Líquido	Sólido	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido	Sólido
Temperatura (°C)	15	15	15	15	15	15	15	15
Flujo másico (kg/día)	270,079	1080,32	5,41	595,76	1681,49	147,62	1080,32	147,62
Flujo másico de los componentes (kg/día)								
Cidra	270,079	---	---	---	---	147,62	---	147,62
Agua	---	1080,32	---	---	1080,32	---	1080,32	---
Sacarosa	---	---	---	595,76	595,76	---	---	---
Ácido cítrico	---	---	5,41	---	5,41	---	---	---
Cloruro de calcio	---	---	---	---	---	---	---	---
Desechos	---	---	---	---	---	---	---	---

Elaborado por: Mayra Casillas

Número de corriente	17	18	19	20	21	22	23	24
Estado	Sólido	Sólido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gaseoso
Temperatura (°C)	15	15	15	15	15	15	15	55
Flujo másico (kg/día)	50,44	118,11	1080,32	27	1080,32	1803,95	1080,32	97,18
Flujo másico de los componentes (kg/día)								
Cidrayota	50,44	---	---	---	---	---	---	---
Agua	---	---	---	---	---	---	---	---
Sacarosa	---	---	---	---	---	---	---	---
Ácido cítrico	---	---	---	---	---	---	---	---
Cloruro de calcio	---	---	---	---	---	---	---	---
Desechos	---	118,11	1080,32	27	1080,32	1803,95	1080,32	97,18

Elaborado por: Mayra Casillas

Tabla N.-4 Producción de Cidrayota Osmodeshidratada

Ingredientes	Producción diaria	Producción Mensual	Producción Anual
Cidrayota	393,70 kg	8267,7 kg	99212,4 kg
Sacarosa	595,76 kg	12510,96 kg	3002 qq
Ácido cítrico	5,41 kg	113,61 kg	27 qq
Agua	1080,32kg	22686,72 kg	272240,64 kg
Cloruro de Calcio	27 kg	567 kg	6804 kg
Total	2102,19 kg	44145,99 kg	381286,04 kg

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

Conclusiones

- La caracterización físico química de la fruta cidrayota presentó valores promedios de 90,64% de humedad, 9,36 % sólidos secos y 3,56 °Brix. La composición proximal en el producto final (fruta deshidratada), señaló un contenido de 10,22 % humedad, 0,136 % de grasa, 1,69 % de proteína, 7,96% fibra dietética total, 77,09% carbohidratos totales, 305,96 (kcal/g) de energía y 4,72 N de dureza (textura). Con lo que se concluye que es un alimento energético y con baja humedad, adecuada para su conservación.
- Las respuestas experimentales de pérdida de peso, humedad, ganancia de sólidos y en conjunto con el análisis de varianza permitió determinar como tratamiento óptimo al T14, que contenía 5% de CaCl₂, solución deshidratante de 55% de sacarosa y 6 horas en tiempo de inmersión.
- Los valores de difusividad efectiva en la deshidratación osmótica de cidrayota fueron los siguientes: D_E para solidos 7,022E-07 m²/s; D_E para agua 6,9353E-07 m²/s y su coeficiente de transferencia de masa de K_w 6,3041E-03 h⁻¹.
- El diagrama PFD para el proceso tecnológico de deshidratación osmótica de cidrayota, se elaboró en base a una producción de 50kg/día para lo cual es necesario 393,70 kg de fruta/día. 393,70 kg de fruta/día, Sacarosa 595,76 kg/día, Ácido cítrico 5,41 kg/día, Agua 1080,32 kg/día, Cloruro de Calcio 27 kg/día.

Recomendaciones

- Utilizar concentraciones de sacarosa más altas con respecto a lo expuesto en este trabajo.
- Considerar el uso de la solución sobrante de la deshidratación osmótica de cidrayota, en productos como yogurt o zumos de frutas como un posible edulcorante.
- Proponer el diseño de una planta procesadora de fruta deshidratada a partir de cidrayota.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (1995). *Official Methods of Analysis*. USA: En A.O.
- Aguilar Osorio, M. (2011). *Estudio de la Temperatura y Concentración de Azúcar en la Deshidratación Osmótica de Jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.)*. Bachelor's thesis.
- Al Eryani, A., Mahmud, T., SyedOmar, S., & Mohamed-Zaki, A. (2008). Effects of calcium infiltration and chitosan coating on storage life and quality characteristics during storage of Papaya (*Carica papaya*L.). *International Journal of Agricultural Research*, 296-306.
- Allca Cusi, M. (2017). *Influencia de la concentración de sacarosa y temperatura en la deshidratación osmótica de la oca (Oxalis Tuberosa)*.
- Alvarado, J. (1998). *Determinación de la madurez de frutas por medida de la densidad relativa del jugo*. Ambato, Ecuador: OEA-CONACYT - Universidad Técnica de Ambato.
- Aredo, V., Arteaga, A., Benites, C., & Gerónimo, W. (2012). Comparación entre el secado convectivo y osmoconvectivo en la pérdida de vitamina C de Aguaymanto (*Physalis peruviana*) con y sin pre-tratamiento de NaOH. *Agroind Science*, 126-131.
- Arreola, S., & Rosas, M. (2007). Aplicación de vacío en la deshidratación osmótica de higos (*ficus carica*). *Información tecnológica*, 43-48.
- Aung, L., Ball, A., & Kushad, M. (2009). Developmental and Nutritional Aspects of Chayote (*Sechium edule*, Cucurbitaceae). *New York Botanical Garden*, 157-164.
- Calderón Jimenez, M., & Jiménez, J. (2011). Conservación de babaco (carica pentágona), mango (*magnifera índica*) y pepino dulce (*solanum muricatum*) mediante deshidratación osmótica directa (Bachelor's thesis).
- Campos, A., & Flores, D. (2012). *Deshidratación osmótica de placas de chayote (Sechium edule) utilizando soluciones hipertrónicas de cloruro de sodio. (Tesis de grado)*. México: Universidad Veracruzana.
- Castro Rodriguez, J., Toledo Diaz, A., Rodriguez Galdón, B., Perdomo Molina, A., Rodríguez Rodríguez, E., & Diaz Romero, C. (2015). Caracterización morfológica y composición química de Chayotas (*Sechium edule*) cultivadas en las Islas Canarias (España). 243-251.
- cenizas", N. I.-I. (s.f.).

- Coaquira, Y., Katoska, P., & Maquera Calle, V. (2010). Efecto del estado de madurez, concentración y temperatura en la difusión efectiva de sacarosa en papaya (Carica papaya L.) en el módulo de osmodeshidratación.
- Cornejo, M. (2010). *Deshidratación de rebanadas de aguacate variedad Hass por el método OSMO-VAC (osmótico-vavio) y evaluación de calidad*. Mexico DF.: Tesis de maestría, Instituto politécnico nacional.
- Encarnación, H. (2017). *Determinación de parámetros para el procesamiento de una conserva en almíbar a partir de Chayote (Sechium edule)*. . Huancayo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú (Tesis de Grado).
- Fernández, F., Linhares, F., & Rodriguez, S. (2008). Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry*, 1049-1054.
- Gamboa Santos, J., Megías Pérez, R., Montilla , A., Soria, A., & Villamiel, M. (2012). *Evaluación de la calidad en frutas deshidratadas comerciales y exóticas*.
- García Pereira, A., Muñoz Becerá, S., Hernández Gómez, A., González, L., & Fernández Valdés, D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por fujo de aire caliente de la piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencia Técnicas Agropecuarias*, 62-69.
- Giraldo Zuniga, A., Arévalo Pinedo, A., Silva, A., Silva , P., Valdes Serra, J., & Palvak, M. (2010). *Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuacu (Theobroma grandiflorum) en rodajas*. Campinas: Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Lenart, A., & Flink, J. (1984). Osmotic Concentration of potatoes & Spatial Distribution of the Osmotic Effects. *Journal of Food Technology*.
- Lira, S. (1996). *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Roma - Italia: International Plant Genetic Resources Institute.
- Lira-Saade, R. (1995). Estudios taxonómicos ecográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de importancia económica. *International Plant Genetic Resources Institute*.
- Lombarda, G., Oliveira, J., Fito, P., & Andrés, A. (2008). Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering*, 277-284.
- Martel, Z. (2009). *Determinación de parámetros tecnológicos para la obtención de confitado de yacón (Smallanthus sonchifolius)*. Huánuco-Perú: Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" de Huánuco.

- Mejia Doria, C., Duque Cifuentes, A., Garcia Alzate, L., & Padilla Sanabria, Y. (2016). Caracterización fisicoquímica de geometrías de cidra (*Sechium edule*) impregnadas a vacío con maracuyá. 1211 - 1214.
- Moreira, S. (2018). *Caracterización morfológica y composición físico - química de la fruta cidrayota (Sechium edule) de la variedad virens levis cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua). (Tesis de grado)*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- NTE INEN 2996 (2015). Productos deshidratados. "Zanahoria, z. u. (s.f.).
- NTE INEN-ISO 1842 (2013), *Productos vegetales y de frutas - Determinación de pH*. (s.f.).
- NTE INEN-ISO 2173 (2013). *Productos vegetales y de frutas. "Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico., 2, 1-3"*. (s.f.).
- NTE INEN-ISO 3593 (2014). *Almidones y féculas. "Determinación de cenizas"*. (s.f.).
- NTE INEN-ISO 750:2013 *Número de referencia ISO 750:1998 (E). "Productos vegetales y de frutas – Determinación de la acidez titulable (IDT)"*. (s.f.).
- Ochoa Martinez, C., & Ayala Aponte, A. (2005). Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. *CYTA - Journal of Food*, 330-342.
- Ortega, A. (2018). *Efecto de la concentración de cloruro de calcio en las propiedades texturales de un confite a partir de la raíz de jícama (Smallanthus sonchifolius) (Tesis de grado)*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Rastogi, N., & Raghavarao, K. (2004). Mass Transfer during osmotic dehydration of pineapple: Considering Fickian diffusion in cubical configuration, *Lebensm.-Wissu.* 43 - 47.
- Rastogi, N., Raghavarao, K., Niranjana, K., & Knorr, D. (2002). Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology*, 48-59.
- Reyes, E., & Galindo, M. (2012). *Estudio del Chayote (Sechium edule)*. Veracruz - México: Universidad Veracruzana.
- Schwartz, M. (1999). Principios y aplicaciones de métodos de factores combinados en la transformación de frutas. *II Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de Alimentos Universidad Central de Venezuela*, 120.
- Vega Gálvez, A., Palacios, M., Boglio, F., Pássaro, C., Jeréz, C., & Lemus Mondaca, R. (2007). Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. *Food Science and Technology*, 470 - 477.

Yurivilca, C. (2002). *Obtención de fruta confitada a partir del chayote (Sechium edule)*.
Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo Maria.

ANEXO A

Tabla A 1 Datos calculados para pérdida de Peso en cada tratamiento.

Tratamiento	Combinaciones	Replica 1 pérdida de peso %	Replica 2 pérdida de peso %	Promedio %	desviación
T1	a ₀ b ₀ c ₀	40,2667	39,8667	40,0667	0,2828
T2	a ₀ b ₀ c ₁	43	42,800	42,9000	0,1414
T3	a ₀ b ₁ c ₀	40,3333	40,9333	40,6333	0,4243
T4	a ₀ b ₁ c ₁	42,7333	43	42,8667	0,1886
T5	a ₀ b ₂ c ₀	41	40	40,5000	0,7071
T6	a ₀ b ₂ c ₁	43,333	42,867	43,1000	0,3300
T7	a ₁ b ₀ c ₀	47,8	46,8667	47,3333	0,6600
T8	a ₁ b ₀ c ₁	51,4	51,6667	51,5333	0,1886
T9	a ₁ b ₁ c ₀	47,6667	47	47,3333	0,4714
T10	a ₁ b ₁ c ₁	49,7333	50	49,8667	0,1886
T11	a ₁ b ₂ c ₀	46,0667	46,2667	46,1667	0,1414
T12	a ₁ b ₂ c ₁	51,5333	52,2667	51,9000	0,5185
T13	a ₂ b ₀ c ₀	64,8000	65,8667	65,3333	0,7542
T14	a ₂ b ₀ c ₁	70	70,4	70,2000	0,2828
T15	a ₂ b ₁ c ₀	61,8	61,1333	61,4667	0,4714
T16	a ₂ b ₁ c ₁	69,6667	69,3333	69,5000	0,2357
T17	a ₂ b ₂ c ₀	61,7333	61	61,3667	0,5185
T18	a ₂ b ₂ c ₂	70,067	70,167	70,117	0,5657

Tabla A 2 Datos calculados para Ganancia de Sólidos en cada tratamiento.

Tratamiento	Combinaciones	Replica 1 ganancia de sólidos %	Replica 2 ganancia de sólidos %	Promedio %	desviación
T1	$a_0b_0c_0$	553,8462	574,3590	564,1026	14,5048
T2	$a_0b_0c_1$	612,8205	617,9487	615,3846	3,6262
T3	$a_0b_1c_0$	587,1795	582,0513	584,6154	3,6262
T4	$a_0b_1c_1$	605,1282	605,1282	605,1282	0,0000
T5	$a_0b_2c_0$	576,9231	574,3590	575,6410	1,8131
T6	$a_0b_2c_1$	612,8205	607,6923	610,2564	3,6262
T7	$a_1b_0c_0$	612,8205	589,7436	601,2821	16,3178
T8	$a_1b_0c_1$	833,3333	823,0769	828,2051	7,2524
T9	$a_1b_1c_0$	733,3333	741,0256	737,1795	5,4393
T10	$a_1b_1c_1$	774,3590	802,5641	788,4615	19,9440
T11	$a_1b_2c_0$	641,0256	635,8974	638,4615	3,6262
T12	$a_1b_2c_1$	776,9231	815,3846	796,1538	27,1964
T13	$a_2b_0c_0$	787,1795	835,8974	811,5385	34,4488
T14	$a_2b_0c_1$	1062,5641	1048,2051	1055,3846	18,1309
T15	$a_2b_1c_0$	879,4872	851,2821	865,3846	19,9440
T16	$a_2b_1c_1$	1035,8974	1041,0256	1038,4615	3,6262
T17	$a_2b_2c_0$	846,1538	800,0000	823,0769	32,6357
T18	$a_2b_2c_2$	1056,4103	1028,2051	1042,3077	19,9440

Tabla A 3 Datos calculados para pérdida de Humedad en cada tratamiento.

Tratamiento	Combinaciones	replica 1 perdida de humedad %	replica 2 perdida de humedad %	Promedio %	desviación
T1	a ₀ b ₀ c ₀	29,0120	28,3184	28,6652	0,4904
T2	a ₀ b ₀ c ₁	26,9936	27,9215	27,4576	0,6562
T3	a ₀ b ₁ c ₀	27,2313	27,6119	27,4216	0,2691
T4	a ₀ b ₁ c ₁	29,6281	30,7043	30,1662	0,7610
T5	a ₀ b ₂ c ₀	26,9674	28,0153	27,4914	0,7410
T6	a ₀ b ₂ c ₁	29,2300	29,8178	29,5239	0,4156
T7	a ₁ b ₀ c ₀	28,1385	28,1832	28,1609	0,0316
T8	a ₁ b ₀ c ₁	28,5191	29,2246	28,8718	0,4989
T9	a ₁ b ₁ c ₀	27,5170	28,3195	27,9183	0,5675
T10	a ₁ b ₁ c ₁	29,3587	29,9279	29,6433	0,4025
T11	a ₁ b ₂ c ₀	28,9487	28,2846	28,6167	0,4696
T12	a ₁ b ₂ c ₁	29,2846	28,9225	29,1036	0,2560
T13	a ₂ b ₀ c ₀	28,1985	28,8506	28,5245	0,4611
T14	a ₂ b ₀ c ₁	36,9699	37,1978	37,0839	0,1611
T15	a ₂ b ₁ c ₀	28,7274	26,7864	27,7569	1,3725
T16	a ₂ b ₁ c ₁	37,3734	35,4128	36,3931	1,3863
T17	a ₂ b ₂ c ₀	26,6566	27,3142	26,9854	0,4649
T18	a ₂ b ₂ c ₂	36,4618	37,6165	37,0392	0,8165

Tabla A 4 Datos calculados para Difusividad de agua en cada tratamiento.

Tratamiento	Combinaciones	replica 1 difusividad agua (m ² /s)	replica 2 difusividad agua (m ² /s)	Promedio (m ² /s)	desviación
T1	a ₀ b ₀ c ₀	1,5905E-06	1,76E-06	1,6761E-06	1,21E-07
T2	a ₀ b ₀ c ₁	1,242E-06	1,7817E-06	1,5118E-06	3,82E-07
T3	a ₀ b ₁ c ₀	1,2522E-06	1,3245E-06	1,2883E-06	5,11E-08
T4	a ₀ b ₁ c ₁	1,1049E-06	1,5449E-06	1,3249E-06	3,11E-07
T5	a ₀ b ₂ c ₀	1,6391E-06	2,52E-06	2,0796E-06	6,23E-07
T6	a ₀ b ₂ c ₁	1,667E-06	1,3071E-06	1,487E-06	2,54E-07
T7	a ₁ b ₀ c ₀	1,3571E-06	1,9842E-06	1,6706E-06	4,43E-07
T8	a ₁ b ₀ c ₁	1,1066E-06	1,1617E-06	1,1341E-06	3,89E-08
T9	a ₁ b ₁ c ₀	1,9919E-06	1,9082E-06	1,9501E-06	5,91E-08
T10	a ₁ b ₁ c ₁	1,2681E-06	1,1907E-06	1,2294E-06	5,47E-08
T11	a ₁ b ₂ c ₀	1,4882E-06	1,608E-06	1,5481E-06	8,47E-08
T12	a ₁ b ₂ c ₁	1,4962E-06	1,1313E-06	1,3138E-06	2,58E-07
T13	a ₂ b ₀ c ₀	1,9342E-06	1,6358E-06	1,785E-06	2,11E-07
T14	a ₂ b ₀ c ₁	8,41E-07	5,63E-07	7,022E-07	1,97E-07
T15	a ₂ b ₁ c ₀	2,0812E-06	1,2587E-06	1,6699E-06	5,82E-07
T16	a ₂ b ₁ c ₁	3,217E-07	3,0515E-07	3,1342E-07	1,17E-08
T17	a ₂ b ₂ c ₀	1,3252E-06	1,8228E-06	1,574E-06	3,52E-07
T18	a ₂ b ₂ c ₂	5,34E-07	7,6116E-07	6,4739E-07	1,61E-07

Tabla A 5 Datos calculados para Difusividad de sólidos en cada tratamiento.

Tratamiento	Combinaciones	replica 1 difusividad sólidos (m ² /s)	replica 2 difusividad sólidos (m ² /s)	Promedio (m ² /s)	desviación
T1	a ₀ b ₀ c ₀	1,6597E-06	1,9309E-06	1,7953E-06	1,92E-07
T2	a ₀ b ₀ c ₁	1,4437E-06	1,2106E-06	1,3272E-06	1,65E-07
T3	a ₀ b ₁ c ₀	2,1442E-06	2,1398E-06	2,142E-06	3,10E-09
T4	a ₀ b ₁ c ₁	1,1356E-06	1,2092E-06	1,1724E-06	5,21E-08
T5	a ₀ b ₂ c ₀	2,4805E-06	2,1331E-06	2,3068E-06	2,46E-07
T6	a ₀ b ₂ c ₁	1,3088E-06	1,2106E-06	1,2597E-06	6,94E-08
T7	a ₁ b ₀ c ₀	1,5441E-06	1,6009E-06	1,5725E-06	4,02E-08
T8	a ₁ b ₀ c ₁	1,3153E-06	1,1769E-06	1,2461E-06	9,78E-08
T9	a ₁ b ₁ c ₀	1,2306E-06	1,374E-06	1,3023E-06	1,01E-07
T10	a ₁ b ₁ c ₁	1,3821E-06	1,3028E-06	1,3425E-06	5,61E-08
T11	a ₁ b ₂ c ₀	1,2301E-06	1,3002E-06	1,2652E-06	4,95E-08
T12	a ₁ b ₂ c ₁	1,0633E-06	1,539E-06	1,3012E-06	3,36E-07
T13	a ₂ b ₀ c ₀	1,1132E-06	1,3936E-06	1,2534E-06	1,98E-07
T14	a ₂ b ₀ c ₁	7,00E-07	6,8686E-07	6,9353E-07	9,44E-09
T15	a ₂ b ₁ c ₀	1,4183E-06	1,3021E-06	1,3602E-06	8,22E-08
T16	a ₂ b ₁ c ₁	5,6173E-07	6,6084E-07	6,1128E-07	7,01E-08
T17	a ₂ b ₂ c ₀	2,6751E-06	1,5515E-06	2,1133E-06	7,94E-07
T18	a ₂ b ₂ c ₂	5,08E-07	6,4702E-07	5,776E-07	9,82E-08

Tabla A 6 Datos calculados para Transferencia de masa humedad para cada tratamiento.

Tratamiento	Combinaciones	replica 1 transferencia de masa (h-1)	replica 2 transferencia de masa (h-1)	Promedio (h-1)	desviación
T1	a ₀ b ₀ c ₀	1,3235E-03	1,84E-03	1,5820E-03	0,0004
T2	a ₀ b ₀ c ₁	1,32E-03	6,41E-03	3,8630E-03	0,0036
T3	a ₀ b ₁ c ₀	5,76E-04	6,61E-04	6,1828E-04	0,0001
T4	a ₀ b ₁ c ₁	9,49E-04	3,45E-03	2,1988E-03	0,0018
T5	a ₀ b ₂ c ₀	1,34E-03	4,55E-03	4,4436E-03	0,0044
T6	a ₀ b ₂ c ₁	5,22E-03	1,74E-03	3,4783E-03	0,0025
T7	a ₁ b ₀ c ₀	7,27E-04	2,57E-03	1,6495E-03	0,0013
T8	a ₁ b ₀ c ₁	1,38E-03	2,69E-03	2,0359E-03	0,0009
T9	a ₁ b ₁ c ₀	2,68E-03	2,47E-03	2,5741E-03	0,0001
T10	a ₁ b ₁ c ₁	1,31E-03	1,22E-03	1,2642E-03	0,0001
T11	a ₁ b ₂ c ₀	9,48E-04	1,20E-03	1,0736E-03	0,0002
T12	a ₁ b ₂ c ₁	2,60E-03	5,98E-04	1,7509E-03	0,0012
T13	a ₂ b ₀ c ₀	2,33E-03	1,09E-03	1,7071E-03	0,0009
T14	a ₂ b ₀ c ₁	5,89E-03	6,72E-03	6,3041E-03	0,0006
T15	a ₂ b ₁ c ₀	3,45E-03	6,17E-04	2,0328E-03	0,0020
T16	a ₂ b ₁ c ₁	3,95E-03	2,65E-03	3,3011E-03	0,0009
T17	a ₂ b ₂ c ₀	7,12E-04	1,92E-03	1,3154E-03	0,0009
T18	a ₂ b ₂ c ₂	4,02E-04	2,74E-04	3,3790E-04	0,0001

ANEXO B

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla B. 1 Análisis de Varianza para Pérdida de peso - Suma de Cuadrados Tipo III.

<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:Concentraci3n de sacarosa	3864,74	2	1932,37	9549,93	0,0000
B:% de CaCl ₂	5,64482	2	2,82241	13,95	0,0003
C:Tiempo	197,249	1	197,249	974,82	0,0000
D:replicas	0,0177422	1	0,0177422	0,09	0,7707
INTERACCIONES					
AB	7,74141	4	1,93535	9,56	0,0003
AC	35,4874	2	17,7437	87,69	0,0000
BC	5,87807	2	2,93904	14,52	0,0002
ABC	9,12473	4	2,28118	11,27	0,0001
RESIDUOS	3,43985	17	0,202344		
TOTAL (CORREGIDO)	4129,32	35			

Tabla B. 2 Prueba Tukey HSD para Concentraci3n de sacarosa. M3todo: 95,0 %.

<i>Concentraci3n de sacarosa</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homog3neos</i>
a0	12	41,6778	0,129854	C
a1	12	49,0222	0,129854	B
a2	12	66,3889	0,129854	A

Tabla B. 3 Prueba Tukey HSD para % de Cloruro de Calcio. M3todo: 95,0 %.

<i>% de CaCl₂</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homog3neos</i>
b1	12	51,9444	0,129854	B
b2	12	52,2501	0,129854	B
b0	12	52,8945	0,129854	A

Tabla B. 4 Prueba Tukey HSD para Tiempo. M3todo: 95,0 %.

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homog3neos</i>
c0	18	50,0222	0,106025	B
c1	18	54,7037	0,106025	A

Tabla B. 5 Análisis de Varianza para Ganancia de solidos - Suma de Cuadrados Tipo III.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Raz3n-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Concentraci3n de sacarosa	701977,	2	350989,	1228,82	0,0000
B: :% de CaCl ₂	5987,66	2	2993,83	10,48	0,0010
C:Tiempo	144010,	1	144010,	504,18	0,0000
INTERACCIONES					
AB	2877,13	4	719,282	2,52	0,0775
AC	41565,9	2	20782,9	72,76	0,0000
BC	9889,33	2	4944,66	17,31	0,0001
ABC	7344,94	4	1836,24	6,43	0,0021
RESIDUOS	5141,35	18	285,63		
TOTAL (CORREGIDO)	918794,	35			

Tabla B. 6 Prueba Tukey HSD para Concentración de Sacarosa Método: 95,0 %.

<i>Concentración de sacarosa</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0	12	592,521	4,87878	C
a1	12	731,624	4,87878	B
a2	12	932,692	4,87878	A

Tabla B. 7 Prueba Tukey HSD para % de CaCl₂ Método: 95,0 %.

<i>% de CaCl₂</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b0	12	739,316	4,87878	B
b2	12	747,65	4,87878	B
b1	12	769,872	4,87878	A

Tabla B. 8 Prueba Tukey HSD para Tiempo Método: 95,0 %.

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c0	18	689,031	3,98351	B
c1	18	815,527	3,98351	A

Tabla B. 9 Análisis de Varianza para Pérdida de humedad - Suma de Cuadrados Tipo III.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Concentracion de sacarosa	110,561	2	55,2807	124,51	0,0000
B: :% de CaCl ₂	0,0641859	2	0,032093	0,07	0,9305
C:tiempo	126,5	1	126,5	284,93	0,0000
INTERACCIONES					
AB	2,83565	4	0,708912	1,60	0,2183
AC	128,102	2	64,051	144,27	0,0000
BC	5,11807	2	2,55904	5,76	0,0116
ABC	6,04408	4	1,51102	3,40	0,0307
RESIDUOS	7,99149	18	0,443972		
TOTAL (CORREGIDO)	387,217	35			

Tabla B. 10 Prueba Tukey HSD para Concentración de Sacarosa Método: 95,0 %.

<i>Concentración de sacarosa</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0	12	28,4543	0,192348	B
a1	12	28,7191	0,192348	B
a2	12	32,2972	0,192348	A

Tabla B. 11 Prueba Tukey HSD para Tiempo Método: 95,0 %.

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c0	18	27,949	0,157051	X B
c1	18	31,698	0,157051	X A

Tabla B. 12 Análisis de Varianza para Difusividad del Agua - Suma de Cuadrados Tipo III.

<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: tiempo	3,01589E-12	1	3,01589E-12	35,13	0,0000
B: :% de CaCl ₂	0	2	0	0,55	0,5889
C: concentración	1,11668E-12	2	0	6,50	0,0086
INTERACCIONES					
AB	0	2	0	0,63	0,5437
AC	0	2	0	4,84	0,0227
BC	0	4	0	2,54	0,0806
ABC	0	4	0	2,28	0,1055
RESIDUOS	1,37376E-12	16	0		
TOTAL (CORREGIDO)	8,8432E-12	33			

Tabla B. 13 Prueba Tukey HSD para Tiempo Método: 95,0 %.

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c1	17	0,00000105559	7,28011E-8	X
c0	17	0,00000166578	7,28011E-8	X

Tabla B. 14 Prueba de Tukey HSD para Concentración Método: 95,0 porcentajes.

<i>Concentración</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2	12	0,00000116373	8,45872E-8	X
a0	10	0,00000132652	9,76729E-8	XX
a1	12	0,0000015918	8,45872E-8	X

Tabla B. 15 Análisis de Varianza para difusividad de solidos - Suma de Cuadrados Tipo III.

<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: :% de CaCl ₂	0	2	0	2,26	0,1326
B: concentración	1,88391E-12	2	0	17,67	0,0001
C: tiempo	3,39728E-12	1	3,39728E-12	63,71	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0	4	0	1,80	0,1736
AC	0	2	0	1,83	0,1897
BC	1,28472E-12	2	0	12,05	0,0005
ABC	0	4	0	2,26	0,1027
RESIDUOS	0	18	0		
TOTAL (CORREGIDO)	8,82747E-12	35			

Tabla B. 16 Prueba Tukey HSD para Concentración Método: 95,0 %.

<i>concentración</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2	12	0,00000110989	6,66592E-8	A
a1	12	0,00000133828	6,66592E-8	A
a0	12	0,00000166722	6,66592E-8	B

Tabla B. 17 Prueba Tukey HSD para Tiempo Método: 95,0 %.

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c1	18	0,0000010646	5,4427E-8	A
c0	18	0,00000167899	5,4427E-8	B

Tabla B. 18 Análisis de Varianza para transferencia de masa - Suma de Cuadrados Tipo III.

<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: % de CaCl ₂	2,28008E-7	2	1,14004E-7	0,04	0,9619
B:concentracion	0,00000683127	2	0,00000341564	1,17	0,3337
C:tiempo	0,00000138788	1	0,00000138788	0,47	0,4998
INTERACCIONES					
AB	0,0000203667	4	0,00000509168	1,74	0,1851
AC	0,00000348889	2	0,00000174445	0,60	0,5614
BC	0,00000169478	2	8,47389E-7	0,29	0,7520
ABC	0,0000073081	4	0,00000182703	0,62	0,6511
RESIDUOS	0,0000526674	18	0,00000292597		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0000939731	35			

ANEXO C

**ANALISIS DE
TEXTURA**

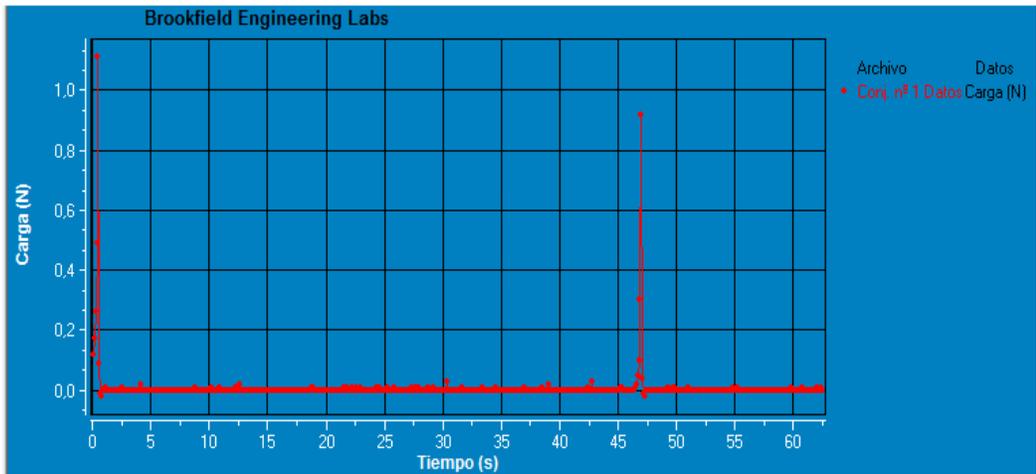


Figura C 1. Resultado del tratamiento óptimo en base a los parámetros analizados de pérdida de peso y humedad, ganancia de sólidos, coeficiente de difusividad y transferencia de masa.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados	
	Nombre Producto	Nº lote		Fimeza N	Masticabilidad J
1	TRATAMIENTO 1,1	UNO	1	0,57	0,0004
2	TRATAMIENTO 1,1	UNO	10	1,74	0,0016
3	TRATAMIENTO 1,1	UNO	2	0,50	0,0004
4	TRATAMIENTO 1,1	UNO	3	0,49	0,0004
5	TRATAMIENTO 1,1	UNO	4	2,16	0,0017
6	TRATAMIENTO 1,1	UNO	5	3,62	0,0061
7	TRATAMIENTO 1,1	UNO	6	0,92	0,0006
8	TRATAMIENTO 1,1	UNO	7	0,66	0,0004
9	TRATAMIENTO 1,1	UNO	8	1,61	0,0011
10	TRATAMIENTO 1,1	UNO	9	1,89	0,0015
Mínimo				0,49	0,0004
Máximo				3,62	0,0061
Promedio				1,42	0,0014
Desviación Estandar				1,00	0,0017

ANEXO D

FOTOGRAFIAS



Cidrayota Fragmentada



Pesado



Deshidratación Osmótica



Cidrayota colocadas en el secador



Cidrayota Deshidratada



Análisis de Textura

Figura D 1. Fotografías.

ANEXO E

ANALISIS PROXIMAL

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:19-208		R01-1800				
Solicitud N°: 19-208		Pag. 1 de 1				
Fecha recepción: 01 de octubre de 2019		Fecha de ejecución de ensayos: Desde el 03 de octubre, hasta el 14 de octubre de 2019				
Información del cliente:						
Empresa:		C.I./RUC: 050629537				
Representante: Mayra Ximena Castillo Pazos		TIT:				
Dirección: Latacunga		Celular: 0983287459				
Ciudad: Latacunga		E-mail: mcasillas9537@uta.edu.ec				
Descripción de las muestras:						
Producto: Cidrayota deshidratada		Peso: 65g				
Marca comercial: n/a		Tipo de envase: funda plástica				
Lote: n/a		Nº de muestras: una				
F. Exp.: n/a		F. Exp.: n/a				
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab: 7 días				
Cierre seguridad: Ninguno: X Itacos: R040:		Muestreo por el cliente: 01 de octubre de 2019				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Cidrayota deshidratada	20819440	Ninguno	*Prueba de acidez	AOAC 991.2-04 20, 2010	% (Nº6,25)	1,69
			*Prueba de acidez directa, Generalmente	AOAC 14 20, 2010 - 2007 86	%	0,136
			*Prueba de acidez total (generalmente, Generalmente-Extracción)	AOAC 985.28-14 20, 2010	%	7,69
Conds. Ambientales: 20,7°C; 52,4%HR						
 Ing. Gladys Rincón Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: SI						
Fecha de emisión del certificado: 16 de octubre de 2019						

Note: Los resultados y conclusiones se refieren exclusivamente a la muestra o muestra. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de sus resultados. No se asume responsabilidad. Solo se permite la reproducción de datos de hechos y hechos relacionados a la muestra. La información que se está emitiendo es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser reutilizada. Si usted es el autor de esta información, por favor, no la reutilice. La distribución o el uso de esta información es prohibida y está sujeta a las leyes de propiedad intelectual.

