



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

#### **“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LA ABSORCIÓN DE GRASA EN HOJUELAS FRITAS DE ZANAHORIA BLANCA *Arracacia xanthorrhiza Bancroft*”**

**Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial**

**Autor: Tatiana Betsabé Calderón Marcillo**

**Director: Msc. Juan Carlos De La Vega Quintero**

**Ibarra – Ecuador**

**2019**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA  
SOBRE LA ABSORCIÓN DE GRASA EN HOJUELAS FRITAS DE  
ZANAHORIA BLANCA *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.”**

Tesis revisada por miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**APROBADA:**

Msc. Juan Carlos De la Vega

**DIRECTOR DE TESIS**

Dra. Lucía Toromoreno

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Ángel Satama MSc

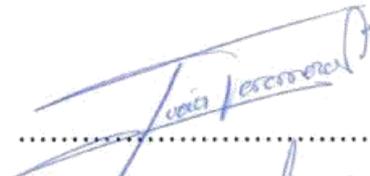
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Bioq. Valeria Olmedo

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**FIRMA**

  
.....

  
.....

  
.....

  
.....



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

---

#### DATOS DE CONTACTO

---

<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100363932-3
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Calderón Marcillo Tatiana Betsabé
<b>DIRECCIÓN:</b>	Liborio Madera y Rocafuerte
<b>EMAIL:</b>	tbcm.9303@gmail.com
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0995188357

---

#### DATOS DE LA OBRA

---

<b>TÍTULO:</b>	“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LA ABSORCIÓN DE GRASA EN HOJUELAS FRITAS DE ZANAHORIA BLANCA <i>Arracacia xanthorrhiza Bancroft</i> ”
<b>AUTOR:</b>	Calderón Marcillo Tatiana Betsabé
<b>FECHA:</b>	2019-02-19
<b>PROGRAMA:</b>	X    PREGRADO    POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Agroindustrial
<b>DIRECTOR:</b>	Msc. Juan Carlos De la Vega

---

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Tatiana Betsabé Calderón Marcillo, con cédula de identidad número 100363932-3, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca Universitaria con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y con apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de febrero del 2019

**Autor**

Tatiana Calderón M.

Tatiana Betsabé Calderón Marcillo

C.C. 100363932-3

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Tatiana Betsabé Calderón Marcillo, con cédula de ciudadanía N° 100363932-3 bajo mi supervisión.



Msc. Juan Carlos De la Vega

**DIRECTOR DE TESIS**



## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Tatiana Betsabé Calderón Marcillo, con cédula de identidad Nro. 1003639323, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LA ABSORCIÓN DE GRASA EN HOJUELAS FRITAS DE ZANAHORIA BLANCA *Arracacia xanthorrhiza Bancroft*”**, que ha sido desarrollado para obtener el título de: Ingeniera Agroindustrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra anteriormente citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 19 días del mes de febrero del 2019

**Autor**

Tatiana Calderón M.

Tatiana Betsabé Calderón Marcillo

C.C. 100363932-3

## DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de febrero del 2019

**Autor**

Tatiana Calderón M.

Tatiana Betsabé Calderón Marcillo

C.C. 100363932-3

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme culminar mi carrera universitaria porque siempre ilumina mi camino y es mi fortaleza para salir adelante cada día.

A mi madre Ligia Marcillo, por ser el eje y motor principal de mi vida y su entrega en la labor de educarme, a quien debo mi existencia y todo lo que hoy soy.

A mi hermana Diana C. y a Cristian C., por su apoyo incondicional y consejos en esta etapa, guiándome siempre.

A mi director Msc. Juan Carlos De La Vega por guiarme constantemente en la realización de este trabajo y a mis asesores Dra. Lucía Toromoreno, Bioq. Valeria Olmedo e Ing. Ángel Satama, por su apoyo, paciencia y dedicación en el desarrollo de esta investigación.

## **DEDICATORIA**

A mi mami Ligia Andrade y a mi papi Pedro Marcillo, quienes han sido dos de los pilares más importantes para mí, a quienes dedico este gran logro en mi vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS .....	iii
RESUMEN.....	iv
SUMMARY .....	v
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS .....	3
1.4.1. HIPÓTESIS NULA.....	3
1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ZANAHORIA BLANCA.....	5
2.1.1. ORIGEN E HISTORIA DE LA ZANAHORIA BLANCA <i>Arracacia xanthorrhiza Bancroft</i> .....	6
2.1.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA ZANAHORIA BLANCA <i>Arracacia xanthorrhiza Bancroft</i> .....	7
2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ZANAHORIA BLANCA <i>Arracacia xanthorrhiza Bancroft</i> .....	8
2.1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZANAHORIA BLANCA <i>Arracacia xanthorrhiza Bancroft</i> .....	10
2.1.5. PROPIEDADES Y USOS DE LA ZANAHORIA BLANCA <i>Arracacia xanthorrhiza Bancroft</i> .....	12
2.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	13
2.2.1. VENTAJAS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	14
2.2.2. AGENTES OSMÓTICOS .....	14

2.2.3.	SACAROSA Y CLORURO DE CALCIO COMO AGENTES OSMÓTICOS.....	15
2.2.4.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE MASA .....	16
2.2.5.	MEDICIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE MASA.....	17
2.3.	FRITURA.....	18
2.3.1.	PROCESO DE FRITURA .....	19
2.3.2.	TRANSFERENCIA DE MASA Y CALOR DURANTE EL PROCESO DE FRITURA .....	20
2.3.3.	EL ALMIDÓN EN LA FRITURA .....	22
2.3.4.	EFEECTO DE LA HUMEDAD DEL ALIMENTO EN LA FRITURA .....	24
2.4.	SNACKS .....	24
2.4.1.	COMPOSICIÓN DE UN SNACK .....	25
2.4.2.	INDUSTRIAS DE SNACKS EN EL ECUADOR .....	26
CAPÍTULO III.....		28
MATERIALES Y MÉTODOS .....		28
3.1.	LOCALIZACIÓN .....	28
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	29
3.2.1.	MATERIA PRIMA E INSUMOS .....	29
3.2.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	29
3.3.	MÉTODOS.....	29
3.3.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL .....	29
3.3.2.	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	33
3.3.3.	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE EL CONTENIDO DE GRASA POSTERIOR A LA FRITURA EN PRODUCTO FINAL.....	35
3.3.4.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL.....	37
3.4.	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	39
3.4.1.	DIAGRAMA DE BLOQUES .....	39
3.4.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	40
CAPÍTULO IV.....		45
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		45
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	45

4.2. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE EL CONTENIDO DE GRASA POSTERIOR A LA FRITURA EN EL PRODUCTO FINAL.....	47
4.2.1. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	47
4.2.2. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE EL CONTENIDO DE GRASA POSTERIOR A LA FRITURA EN PRODUCTO FINAL.....	54
4.3. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS .....	58
4.3.1. ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL .....	58
4.3.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL.....	63
4.3.4. BALANCE DE MATERIA PARA T5 .....	65
CAPÍTULO V .....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
5.1. CONCLUSIONES .....	68
5.2. RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS .....	78
ANEXO 1. FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL .....	78
ANEXO 2. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (2 561:2010).....	80
ANEXO 3. DATOS EXPERIMENTALES.....	85
ANEXO 4. COMPARACIÓN CON OTROS RESULTADOS.....	86
ANEXO 5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE SACAROSA Y CLORURO DE CALCIO PARA LA SOLUCIÓN OSMÓTICA .....	87
ANEXO 6. MEDICIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE MASA PARA EL T5 .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Zanahoria Blanca (Jiménez, 2005) .....	5
<b>Figura 2.</b> Distribución Geográfica de la Zanahoria Blanca (Jiménez, 2005).....	7
<b>Figura 3.</b> Componentes botánicos de la zanahoria blanca: A. Raíz, B. Brote para siembra, C. Fruto, D. Inflorescencia y flor, E. Hojas (Tapia y Fries, 2007) .....	9
<b>Figura 4.</b> Transporte de masa entre la solución osmótica y las placas de manzana (González Aguilar y Alvarez Parrilla, 2009).....	13
<b>Figura 5.</b> Proceso de Fritura (Montes et al., 2015) .....	19
<b>Figura 6.</b> Transferencia de calor y masa en el proceso de fritura (Villarreal Villota y Naranjo Freire, 2015).....	21
<b>Figura 7.</b> Variedades de snacks.....	25
<b>Figura 8.</b> Diagrama de Bloques.....	39
<b>Figura 9.</b> Pesado I .....	40
<b>Figura 10.</b> Limpieza .....	41
<b>Figura 11.</b> Pelado y Corte .....	41
<b>Figura 12.</b> Pesado II .....	42
<b>Figura 13.</b> Deshidratación Osmótica.....	43
<b>Figura 14.</b> Pesado III.....	43
<b>Figura 15.</b> Fritura .....	44
<b>Figura 16.</b> Enfriado y Empacado .....	44
<b>Figura 17a.</b> Pérdida de humedad al 20% de sacarosa.....	47
<b>Figura 17b.</b> Pérdida de humedad al 40% de sacarosa.....	47
<b>Figura 18.</b> Pérdida de humedad (%).....	52
<b>Figura 19.</b> Datos experimentales del % Grasa .....	54
<b>Figura 20.</b> Puntuación para el atributo de color de frituras de zanahoria blanca .	59
<b>Figura 21.</b> Puntuación para el atributo de olor de frituras de zanahoria blanca...	60
<b>Figura 22.</b> Puntuación para el atributo de sabor de frituras de zanahoria blanca	61
<b>Figura 23.</b> Puntuación para el atributo de textura de frituras de zanahoria blanca .....	62
<b>Figura 24.</b> Mejor tratamiento de hojuelas fritas de zanahoria blanca en la evaluación sensorial .....	63

**Figura 25.** Diagrama de Balance de Materiales ..... 66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación Botánica .....	8
<b>Tabla 2.</b> Composición Química de la Zanahoria Blanca.....	10
<b>Tabla 3.</b> Índice Químico de Aminoácidos.....	11
<b>Tabla 4.</b> Agentes Osmóticos.....	14
<b>Tabla 5.</b> Composición de snacks .....	25
<b>Tabla 6.</b> Contenido de un snack en general.....	26
<b>Tabla 7.</b> Industrias de snacks en el Ecuador.....	26
<b>Tabla 8.</b> Ubicación y datos meteorológicos del área de experimentación .....	28
<b>Tabla 9.</b> Caracterización de la materia prima y del producto final .....	29
<b>Tabla 10.</b> Análisis microbiológico .....	32
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza .....	34
<b>Tabla 12.</b> Descripción de los tratamientos .....	36
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza con testigo.....	36
<b>Tabla 14.</b> Condiciones Climáticas de la zanahoria blanca .....	40
<b>Tabla 15.</b> Composición Físico-Química .....	45
<b>Tabla 16.</b> Ganancia de sólidos de cada tratamiento (%) .....	49
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza de la reducción de humedad .....	49
<b>Tabla 18.</b> Tabla de Tukey al 5% de la reducción de humedad.....	50
<b>Tabla 19.</b> Prueba de DMS sobre el factor A .....	51
<b>Tabla 20.</b> Prueba de DMS sobre el factor B.....	52
<b>Tabla 21.</b> Prueba de DMS sobre el factor C.....	53
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza del %Grasa.....	55
<b>Tabla 23.</b> Tabla de Tukey al 5% del %Grasa.....	56
<b>Tabla 24.</b> Análisis físico-químico de las hojuelas fritas de zanahoria blanca.....	63
<b>Tabla 25.</b> Datos experimentales del % Humedad .....	85
<b>Tabla 26.</b> Datos experimentales del % Grasa.....	85
<b>Tabla 27.</b> Composición de la Zanahoria Blanca vs Otros Autores .....	86
<b>Tabla 28.</b> Composición de las Hojuelas de Zanahoria Blanca vs Otros Productos .....	86

## RESUMEN

Los snacks u hojuelas fritas son un producto de gran aceptabilidad en el mercado consumidor por su sabor, olor y textura característicos, sin embargo, tienen un contenido nutricional escaso debido al proceso de fritura al que son sometidos. Durante este proceso se absorbe aceite como consecuencia del reemplazo del agua evaporada del alimento, por lo que en este estudio se planteó como tratamiento previo a la fritura, la deshidratación osmótica (DO) de las hojuelas para disminuir esta absorción de aceite. Se empleó como materia prima la zanahoria blanca ya que es un alimento recomendado en la dieta diaria por su buen contenido en micronutrientes como calcio, fósforo, hierro, vitaminas, entre otros; y ofrecer una alternativa novedosa en el mercado de los snacks fritos. Para realizar la deshidratación se emplearon distintos tratamientos con soluciones de sacarosa al 20 y 40 %, con cloruro de calcio al 0 y 3 %, y con temperaturas de 40 y 55 °C en un período de seis horas, al cabo de los cuales se evaluó la humedad del alimento en una balanza infrarroja. El proceso de fritura se realizó a 180°C durante 2 min para todos los tratamientos, para finalmente evaluar el extracto etéreo del producto obtenido. Como resultado se evidenció que, al aumentar la concentración de la sacarosa en la DO, el contenido de grasa en el producto final fue inferior, debido a que existió mayor eliminación de agua y por ende la cantidad de agua reemplazada por el aceite fue menor. Por otro lado, una menor pérdida de humedad durante la DO se evidenció también un menor contenido de grasa en el producto final, lo cual fue debido a la gelatinización del almidón en la fritura, ya que sufre un cambio estructural lo cual promueve la formación de una capa protectora que limita la entrada de aceite y para obtener esto, se requiere de una mayor cantidad de humedad en el alimento. En conclusión, se emite que la DO influye sobre la absorción de grasa de las hojuelas fritas de zanahoria blanca, en el que destacó T6 (40% de sacarosa, 0% de cloruro de calcio, 55°C) como el mejor en reducir la humedad de la zanahoria blanca, pero T5 (40% de sacarosa, 0% de cloruro de calcio, 40°C) como el mejor en obtener menor contenido de grasa de 13,64% y de igual manera logro destacar organolépticamente por el sabor dulzor agradable que la sacarosa le proporcionó.

## SUMMARY

Fried snacks or fried flakes are a product of great acceptability in the consumer market because of their characteristic taste, smell and texture, however, they have a low nutritional content due to the frying process to which they are subjected. During this process oil is absorbed as a consequence of the replacement of evaporated water from the food, so in this study the osmotic dehydration (OD) of the flakes was proposed as a pre-treatment to frying to reduce this oil absorption. White carrot was used as raw material since it is a recommended food in the daily diet due to its good content of micronutrients such as calcium, phosphorus, iron, vitamins, among others; and offer a novel alternative in the market of fried snacks. To carry out the dehydration, different treatments were used with sucrose solutions at 20 and 40%, with calcium chloride at 0 and 3%, and at temperatures of 40 and 55 ° C in a period of six hours, at the end of which evaluated the moisture of the food on an infrared scale. The frying process was carried out at 180 ° C for 2 min for all treatments, to finally evaluate the ethereal extract of the product obtained. As a result, it was evidenced that, when increasing the concentration of sucrose in the OD, the fat content in the final product was lower, because there was greater elimination of water and therefore the amount of water replaced by the oil was lower. On the other hand, a lower moisture loss during the OD also showed a lower fat content in the final product, which was due to the gelatinization of the starch in the frying, since it suffers a structural change which promotes the formation of a protective layer that limits the entry of oil and to obtain this, a greater quantity of moisture is required in the food. In conclusion, it is reported that the OD influences the fat absorption of the fried white carrot flakes, in which T6 (40% sucrose, 0% calcium chloride, 55 ° C) stood out as the best in reducing the moisture of the white carrot, but T5 (40% of sucrose, 0% of calcium chloride, 40 ° C) as the best in obtaining lower fat content of 13.64% and in the same way I manage to stand out organoleptically for the sweetness taste nice that sucrose provided.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. PROBLEMA**

Los snacks, también conocidos como chips u hojuelas, son un alimento ligero que generalmente se consume entre comidas y su objetivo principal es satisfacer temporalmente el hambre. Para la elaboración de snacks se utilizan como materias primas principalmente algunos tubérculos y cereales como las papas, el maíz, la soya, entre otros; sin embargo, se les conoce como “comida chatarra” al tener poco o ningún valor nutricional, muchas calorías y no contribuir a la salud, ya que contienen cantidades elevadas de grasa e hidratos y en algunos, también se reportan altas concentraciones de sodio.

Los snacks en consumo excesivo tienen efectos negativos en la salud, ya que poseen 35,28 gramos de grasa total por cada 100 gramos, es decir, más de un tercio corresponde a grasa, y de los cuales 8,64 gramos son saturados, contribuyendo a exceder las necesidades energéticas diarias, a pesar de ello, tienen gran aceptación y son preferidos por los consumidores. Esta situación no ha sido abordada frontalmente por la escasa investigación en el desarrollo de tecnologías que incentiven la posibilidad de minimizar la absorción de grasa durante la fritura. Los tubérculos más utilizados como materia prima son la papa y la yuca, por lo que se hace necesario ubicar otras alternativas para de esta manera incrementar el aporte nutricional de este tipo de productos a raíz de su contenido nutricional original, como la zanahoria blanca.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, las personas llevan un estilo de vida más acelerado, disminuyendo el tiempo disponible para preparar alimentos caseros, por lo que buscan alimentos listos para el consumo, que sean fáciles de adquirir y satisfagan el apetito en corto plazo. Es así que el consumo actual de snacks en el Ecuador ha incrementado considerablemente y es un producto altamente aceptado. Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición realizada entre el 2011 y 2013, dice que un 64% de la población ecuatoriana admite el consumo de snacks salados y dulces y el Ministerio de Comercio Exterior menciona que un 55% de consumidores prefieren comer algo que tenga buen sabor a que sea saludable (PRO ECUADOR, 2015).

Sin embargo, el estudio de State of the Snack Industry 2012 (citado en PRO ECUADOR, 2015) dice que el 87% de los consumidores tienen la intención de comer más sano. De esta manera se puede pensar en otra alternativa de materia prima para la producción de snacks, por ejemplo un alimento que tenga beneficios para la salud del consumidor, como los tubérculos y raíces andinas, las cuales, salvo la papa, se comercializan poco y, por lo tanto, se producen cada vez en menor cantidad y han perdido paulatinamente importancia en la dieta diaria ya sea por falta de gusto, conocimiento o de costumbre (Barrera, Tapia, y Monteros, 2003); de esta manera al utilizar uno de ellos como materia prima se apoyará la diversificación de los mismos, en este caso de la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*), se conoce que es una raíz con buen contenido en micronutrientes como calcio, fósforo, hierro, vitaminas, entre otros, y además se sabe que es un alimento recomendado en la dieta diaria (Mazón, Castillo, Hermann, y Espinosa, 1996), además, se puede destacar la buena calidad del almidón de esta raíz, ya que se caracteriza por ser muy fino y uniforme acompañado de un aroma propio, el cual la hace de fácil digestibilidad hacia el consumidor (Suquilanda Valdivieso, 2013).

Al saber que los snacks son un producto con una buena aceptabilidad por el consumidor aunque su contenido nutricional es escaso debido al proceso de fritura al que son sometidos, se hace relevante determinar opciones que logren disminuir el porcentaje de grasa total del producto final, una alternativa para reducir el contenido de grasa en alimentos que son sometidos a proceso de fritura, es la deshidratación

osmótica ya que como tratamiento previo logra reducir el contenido de humedad del cual depende la cantidad de aceite que absorberá el alimento (Rodríguez, Zuluaga, Puerta, y Ruiz, 2013). La deshidratación osmótica consigue una concentración del alimento con una determinada relación pérdida de agua/ganancia de solutos y modificaciones ventajosas como: mejora el sabor, color y textura del alimento, prolonga la vida de anaquel y modifica las características nutricionales del producto final (Colina Irezabal, 2010).

Con este estudio se pretende elaborar un snack que tenga las características organolépticas de un snack comercial, pero elaborado con un pre-tratamiento de deshidratación osmótica para reducir el contenido de grasa en el producto final; además, busca que el producto final alcance un mayor valor nutricional mediante el uso de zanahoria blanca como materia prima alternativa.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el efecto de la deshidratación osmótica sobre la absorción de grasa en hojuelas fritas de zanahoria blanca *Arracacia xanthorrhiza Bancroft*.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar mediante análisis físico-químico a la materia prima.
- Evaluar el efecto de la deshidratación osmótica sobre el contenido de grasa posterior a la fritura en el producto final.
- Realizar el análisis físico-químico del producto final y evaluar sus propiedades organolépticas.

### **1.4. HIPÓTESIS**

#### **1.4.1. HIPÓTESIS NULA**

Ho: La deshidratación osmótica no influye en la absorción de grasa durante el proceso de fritura de la zanahoria blanca *Arracacia xanthorrhiza Bancroft*.

#### **1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

Ha: La deshidratación osmótica influye en la absorción de grasa durante el proceso de fritura de la zanahoria blanca *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ZANAHORIA BLANCA

Mazón, C. (citado en Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013) menciona que la zanahoria blanca (ilustración 1) se cultiva en los valles interandinos desde los 700 hasta los 3200 msnm. Es la única umbelífera de propagación vegetativa domesticada en las Américas. A pesar de que posee un almidón de tamaño granular pequeño y características fisicoquímicas interesantes, un alto contenido de calcio, cantidades importantes de fósforo, hierro, vitaminas, caroteno, etc., el potencial para procesamiento y usos culinarios de este cultivo todavía no ha sido reconocido.



**Figura 1.** Zanahoria Blanca (*Jiménez, 2005*)

Se le encuentra cultivada desde los 1500 hasta los 3200 msnm, generalmente aprovechando la humedad de las lluvias en lugares donde la precipitación es muy variable, de 300 a 3000mm. Se puede adaptar a diferentes climas; no soporta las heladas fuertes, por lo que se requiere al menos 7 a 8 meses libres de heladas (Tapia y Fries, 2007).

Puede producir entre 30 a 40 brotes y seis a diez raíces por planta, con una producción de hasta 10 toneladas de raíces comerciales por hectárea. Las semillas botánicas son poco conocidas en la propagación de esta especie, siendo uno de sus mayores problemas el largo período vegetativo que varía entre 10 y 12 meses (Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013).

En Ecuador los cultivos de zanahoria blanca se encuentran localizados entre 1.500 y 3.000 metros sobre el nivel del mar, a lo largo del callejón interandino y son menos frecuentes en los flancos occidental y oriental de la cordillera; encontrándose cultivos en Pimampiro, Intag y Cotacachi en la provincia de Imbabura; Nanegalito y San José de Minas en la provincia de Pichincha, Baños en la provincia de Tungurahua, Gonzanamá y Saraguro en la provincia de Loja y Zaruma en la provincia del Oro. Las estadísticas permiten estimar la producción ecuatoriana entre 12.000 y 24.000 toneladas anuales (Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013).

### **2.1.1. ORIGEN E HISTORIA DE LA ZANAHORIA BLANCA *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft**

La zanahoria blanca es originaria de los Andes, región en la que se han identificado la mayoría de las especies del género *arracacia* con una mayor variabilidad genética en el sur de Ecuador (Castillo, 1984; Mujica, 1990). La zanahoria blanca es la única umbelífera domesticada en las Américas (Hermann, 1992) y posiblemente su domesticación ocurrió en Colombia. Bukasov (citado por Cárdenas, 1969; Mujica 1990), sugiere que la zanahoria blanca es la planta cultivada más antigua de América. Indican, además, que el cultivo habría empezado a desarrollarse en época preincaica, pues existen restos arqueológicos de tumbas incaicas que parecen representar a la zanahoria blanca; sugieren que su utilización entre los Chibchas de

la meseta de Bogotá habría precedido al de la papa y el maíz (Barrera, Tapia, y Monteros, 2003).

León (citado en Jiménez, 2005) menciona que el área original de dispersión de la zanahoria blanca son las cordilleras andinas; como se puede observar en la ilustración 2 desde Venezuela a Bolivia está dispersa este tubérculo. Así mismo Hodge (citado en Jiménez, 2005) dice que los pobladores pertenecientes a la cultura inca de la zona de los andes hayan sido quienes domesticaron por primera vez esta planta.

Morales, J (citado en Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013) menciona que la zanahoria blanca *Arracacia xanthorrhiza Bancroft* es originaria de los Andes del norte de Sudamérica, región en la que se han identificado la mayoría de las especies del género *Arracacia*. Estudios realizados indican que hasta hoy en día el cultivo se ha extendido a las tierras altas de Centroamérica, Antillas, África y Ceilán, y a la región Subtropical de Brasil.



**Figura 2.** Distribución Geográfica de la Zanahoria Blanca (Jiménez, 2005)

### **2.1.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA ZANAHORIA BLANCA** *Arracacia xanthorrhiza Bancroft*

Es una especie de la familia Umbelliferae, a la cual pertenecen también la zanahoria y el apio, por lo que se conoce con los nombres de zanahoria blanca en Ecuador y apio criollo en Venezuela. En la Tabla 1 se da a conocer la clasificación botánica de la zanahoria blanca.

**Tabla 1.** Clasificación Botánica

Nombre Común	Zanahoria Blanca
Nombre Científico	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft
Reino	Vegetal
División	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Archichlamydeae
Orden	Umbelliflorae
Familia	Umbelliferae (apiáceas)
Subfamilia	Apiodae
Género	Arracacia
Especie	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft

Fuente: (INIAP, 2009)

### **2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ZANAHORIA BLANCA**

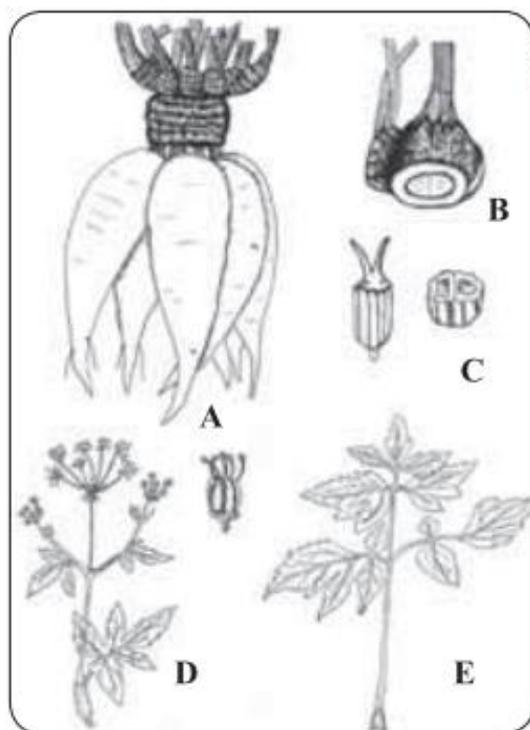
#### ***Arracacia xanthorrhiza* Bancroft**

Es la única planta alimenticia de la familia de la zanahoria (Apiáceas) domesticada en Sudamérica. Se domesticó la especie perenne ya que tienen un sistema de reservas. La zanahoria blanca como se observa en la ilustración 3 tiene diferentes tipos de hojas: una hoja vegetativa que por lo general es más grande, muy dividida y la hoja caulinar que subtiende al eje floral, que es más pequeña y con menos divisiones.

La inflorescencia es una umbela. Es una planta de cruzamiento facultativo y produce semillas. Las partes vegetativas usadas para la propagación, también llamadas «propágulos» se pueden cosechar en cualquier época o estado de desarrollo de la

planta. Estas se obtienen por lo general después de la cosecha, pero también se pueden obtener por capado, cuando las plantas tienen 8 meses o más.

Según el color de la pulpa existen cuatro tipos de arracacia: de pulpa blanca, de pulpa amarilla, de pulpa blanca con pigmentación púrpura y de pulpa amarilla con pigmentación púrpura (Tapia y Fries, 2007).



**Figura 3.** Componentes botánicos de la zanahoria blanca: A. Raíz, B. Brote para siembra, C. Fruto, D. Inflorescencia y flor, E. Hojas (Tapia y Fries, 2007)

Hemann, M. (citado en Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013) menciona que la zanahoria blanca es una planta herbácea, caulescente. Usualmente alcanza altura de alrededor de 1,0 m y puede variar entre 0,50 y 1,50 metros, tiene un tallo cilíndrico de 10 cm de diámetro y lleva en la parte superior numerosos brotes de donde parten las hojas de peciolos largos y sus flores son de color púrpura. Las hojas son pecioladas, con tres a siete folíolos recortados, verdes o bronceados, según la variedad. Las raíces son de dos tipos: unas finas y largas y las que se cosechan son tuberosas y fusiformes, que miden de 5 a 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, de color blanco, amarillo o púrpura según el cultivo. Las inflorescencias son umbelas compuestas, de flores pequeñas de color púrpura o amarillo, cáliz y corola de cinco

piezas. Fruto bicarpelar, con ovario ínfero (Maza y Aguirre, 2002). La raíz se recolecta antes que termine el ciclo vegetativo o de lo contrario brotan de la base los vástagos floríferos, siendo la raíz la parte comestible que asemeja a una zanahoria engrosada, ésta puede ser de color blanco, amarillo o morado según la variedad.

#### **2.1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZANAHORIA BLANCA** *Arracacia xanthorrhiza Bancroft*

Son muy pocos los trabajos desarrollados en el campo alimenticio sobre la zanahoria blanca, ya que la mayoría han sido dirigidos a evaluar la composición química del fruto. En la tabla 2 se muestran los hallazgos obtenidos al respecto, se puede observar que un bloque interesante lo constituyen los carbohidratos totales, conformados en su mayoría por azúcares y almidones que el organismo utiliza de un modo completo, así como fisiológicamente menos aprovechables, pentosanas, ácidos orgánicos, entre otros.

**Tabla 2.** Composición Química de la Zanahoria Blanca

<b>Componente</b>	<b>Zanahoria Blanca (100g comestibles)</b>
Calorías	112.00
Humedad	71.00
Proteínas	1.00
Ext. Etéreo	0.10
Carbohidratos Totales	26.90
Fibra Total	0.60
Cenizas	0.90
Calcio (mg)	19.00
Fósforo	55.00
Hierro	0.90

Caroteno	0.11
Tiamina	0.70
Riboflavina	0.02
Niacina	3.67
Ác. Ascórbico	31.00

**Fuente:** Rodas, 1992 (citado en Jiménez, 2005)

La calidad de la proteína depende de su contenido de aminoácidos esenciales. La FAO señala que una proteína es biológicamente completa cuando contiene todos los aminoácidos esenciales en una cantidad igual o superior a lo establecido para cada aminoácido en una proteína de referencia o patrón (tradicionalmente se utilizaba como patrón de aminoácidos las proteínas de la leche del huevo); actualmente el patrón de aminoácidos recomendado para evaluar la calidad biológica de las proteínas para todas las edades, se basa en los requerimientos de aminoácidos del preescolar (FAO-OMS-UU 1985) (Espín, et al., 2001). La tabla 3 presenta la composición de aminoácidos de la zanahoria blanca (muestra entera).

**Tabla 3.** Índice Químico de Aminoácidos

AMINOÁCIDOS	PATRÓN mg/g proteína	ZANAHORIA BLANCA %
Histidina	19	81.57
Isoleucina	28	44.64
Leucina	66	30.60
Lisina	58	31.89
Metionina+Cistina	25	52.8
Fenilalanina+Tirosina	63	137
Treonina	34	52.94
Triptofano	11	-----
Valina	35	74.57

**Fuente:** (Espín, et al., 2001; Barrera, Tapia, y Monteros, 2003)

### **2.1.5. PROPIEDADES Y USOS DE LA ZANAHORIA BLANCA *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft**

Según Ruales, C (citado en Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013) la zanahoria blanca se destaca por poseer propiedades positivas en el organismo de las personas consumidoras de esta raíz como son:

- Es un antidiarreico moderado debido a la pectina, ya que ayuda contra la colitis y regula el funcionamiento intestinal.
- Elimina o compensa los ácidos residuales de la sangre, como el ácido úrico.
- Ayuda a los trastornos metabólicos y endocrinos, como la anemia, dismenorrea, depresión nerviosa, hipertiroidismo, retrasos del crecimiento.
- Tiene propiedades anti-anémicas y es eficaz contra la fatiga debido a su riqueza en hierro y vitaminas.
- Ayuda a disminuir el nivel de azúcar en la sangre.
- Si se consume en zumo, ayuda a los niños contra la amigdalitis y la tos.
- Combate problemas en la piel como el acné, heridas infectadas, abscesos y quemaduras; ya que tiene propiedades cicatrizantes, calmantes y tonificantes.
- Se destaca por poseer propiedades positivas en el organismo de las personas que lo consumen, ya que su contenido de grasa es relativamente bajo.

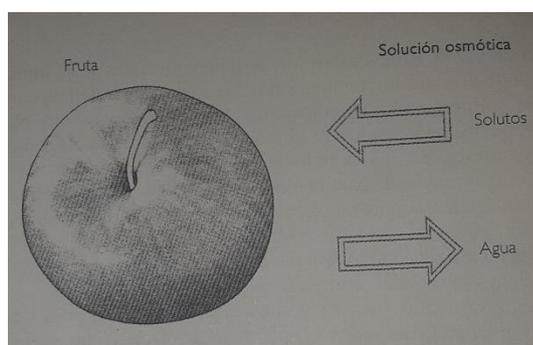
Maza y Aguirre (2002) mencionan que la zanahoria blanca se comercializa en estado fresco para el uso en preparaciones en sopas, puré, asadas y fritas en rodajas. Son usadas también para preparar sopas instantáneas y fórmulas de comidas para bebés, ya que las raíces almacenan almidón. El follaje se puede utilizar en ensaldas y la cabeza cepa o tarugo se utiliza en la alimentación de cerdos.

En la medicina aborigen, la zanahoria cocida y amasada, sirve para cataplasmas antiinflamatorios y antisépticos. Mediante fricción con zanahorias soasadas se puede eliminar verrugas de la piel. La raíz proporciona carbohidratos al organismo por su contenido de almidón (Estrella, 1988).

## 2.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La Deshidratación osmótica consiste en sumergir los alimentos en soluciones hipertónicas con el objetivo de producir dos efectos principales: flujo de agua desde el producto hacia la solución y flujo de solutos hacia el interior de alimentos.

La migración del agua hacia la solución externa es mayor que la de solutos hacia el alimento y esto produce un efecto de deshidratación (González Aguilar y Alvarez Parrilla, 2009).



**Figura 4.** Transporte de masa entre la solución osmótica y las placas de manzana (González Aguilar y Alvarez Parrilla, 2009)

A nivel celular, la Deshidratación Osmótica (DO) consiste en el flujo de un disolvente desde una solución diluida contenida dentro de la membrana celular semipermeable hacia una solución más concentrada que rodea dicha membrana como se puede observar en la ilustración 4. Ésta es selectiva en el sentido de que el agua puede pasar a través de ella mientras que los otros componentes de la solución no pueden hacerlo o lo hacen muy lentamente. Cuando una solución ideal está separada de un disolvente puro por una membrana semipermeable, es decir, permeable al disolvente, pero no a los solutos, el disolvente tiende a difundirse hacia la solución, proceso que se le denomina ósmosis. De esta manera, el resultado más importante de la aplicación es la transferencia de agua desde el alimento hacia la solución externa.

Algunos autores (Marcotte, 1988) han estudiado las variables que tienen mayor influencia en la aplicación de la DO, entre ellas están el tipo de agente osmótico empleado y su concentración, la temperatura, la agitación de la solución, la relación en volumen de solución/alimento, la superficie específica del alimento, el tiempo de

inmersión y la aplicación de bajas presiones en el sistema (González Aguilar y Álvarez Parrilla, 2009).

### 2.2.1. VENTAJAS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

Algunas ventajas que presenta la deshidratación osmótica son:

- Mejora el sabor, color y textura del producto
- Disminuye el tiempo de deshidratación requerido
- Reduce los costos energéticos del proceso de deshidratación
- Prolonga la vida de anaquel del producto

### 2.2.2. AGENTES OSMÓTICOS

En la Tabla 4 se muestran los usos y la función de los solutos que más se utiliza como agentes osmóticos.

**Tabla 4.** Agentes Osmóticos

<b>Agente Osmótico</b>	<b>Usos</b>	<b>Función</b>
Sacarosa	Principalmente en frutas	Alta capacidad de remoción de agua. Reduce el oscurecimiento e incrementa la retención de volátiles
Fructosa	Principalmente en frutas	Sustitución parcial de la sacarosa, para incrementar dulzor
Lactosa	Principalmente en frutas	Sustitución parcial de la sacarosa, para reducir dulzor
Maltodextrinas	Frutas y hortalizas	Sustitución parcial de la sacarosa, para reducir dulzor
Glicerol	Frutas, hortalizas y pescados	Mejora la textura

Sorbitol	Frutas, hortalizas y pescados	Mejora la textura
Citrato de sodio	Hortalizas	Alta capacidad de reducir la $a_w$
Cloruro de sodio	Principalmente en carnes, pescados y hortalizas	Alta capacidad de reducir la $a_w$
Combinación de sacarosa y cloruro de sodio	Frutas, hortalizas y carnes	Combina los efectos de reducción de la $a_w$ de la sal, con la remoción de agua del azúcar. Mejora la características sensoriales
Carbohidratos de alto peso molecular (almidón)	Pescados, carnes, frutas y hortalizas	Capacidad de remoción de agua con muy baja penetración del soluto al producto. Se emplea en sustitución parcial de la sacarosa para reducir el dulzor

**Fuente:** (Colina Irezabal, 2010)

### 2.2.3. SACAROSA Y CLORURO DE CALCIO COMO AGENTES OSMÓTICOS

La sacarosa es el material con mayor peso molecular y origina mayor gradiente de concentración que resulta en mayor pérdida de agua por parte del sólido. Miranda y Otáñez (citado en Martínez Barrera, 2012) mencionan que la sacarosa es una de las sustancias más empleadas como soluto, debido a su efectividad, conveniencia y sabor deseable. La tasa de eliminación de agua del alimento por la acción de la sacarosa es rápida al principio pues el sistema trata de equilibrar la concentración de solutos dentro y fuera de la membrana celular.

Por otra parte, Schwartz (citado en Espinoza, Landeta, Méndez, y Nuñez, 2006) dice que la adición de sales de calcio a la solución osmótica aumenta ligeramente la pérdida de agua en el alimento y disminuye la ganancia de soluto. Este efecto se atribuye a una asociación de calcio (que penetra en el alimento) con pectinas de las paredes celulares, con lo que se fortalece la textura del alimento y se crea un tipo “unión cruzada” capaz de atenuar la difusión de azúcares hacia el alimento debido

a un aumento de la tortuosidad y de la viscosidad local. Generalmente se adiciona  $\text{CaCl}_2$  en concentraciones de 1 a 5% a soluciones de sacarosa para mejorar la textura y además se incorporan los iones de calcio al alimento, aumentando su concentración en el mismo, que puede ser utilizado como fuente de calcio.

#### **2.2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE MASA**

La velocidad con la que se efectúa la transferencia de masa (entrada de soluto y salida de agua) de un producto depende de diversos factores como las características del producto, la naturaleza y concentración de los solutos en la solución, así como otras propiedades del sistema.

**Las características del producto** son las que más influencia ejercen sobre la velocidad de transferencia de solutos y agua, ya que su forma y tamaño determinan el área superficial para la transferencia de masa. Trozos de producto de pequeño espesor y forma homogénea incrementa el área superficial del mismo. Así mismo, son importantes la composición química, textura y porosidad del producto que determinan tanto el tipo y concentración de solutos que pueden ser transportados al interior del tejido, como la velocidad con la que ocurre el transporte de masa.

Los solutos utilizados para la deshidratación osmótica también afectan la transferencia de masa, pues poseen diferencias en su estructura química, peso molecular, polaridad y permeabilidad, por lo que presentan diferentes interrelaciones con las membranas o componentes del alimento, modificando la pérdida de agua y ganancia de sólidos en el producto a deshidratar.

Tanto la transferencia de masa por difusión como los gradientes de presión osmótica, están relacionados directamente con **la concentración de solutos** en la solución osmótica., a medida que transcurre la deshidratación osmótica y los solutos van penetrando al alimento, la solución va disminuyendo su concentración y la velocidad de transferencia de masa.

Además, esta concentración tiene una influencia considerable en la viscosidad de la solución y, por ende, en el movimiento que pueden tener las moléculas durante el

proceso. En la práctica es común utilizar relaciones masa de solución osmótica de producto entre 3:1 y 5:1.

Por otro lado, **la temperatura** de proceso afecta de manera notable la velocidad de osmosis. Un aumento en la temperatura acelera la remoción de agua y la penetración de la sustancia osmótica al interior del tejido. Brennan (citado en Quelal Tapia, 2012) dice que las temperaturas usadas se encuentran en intervalos de 20 a 70°C, a mayores temperaturas existe riesgo de que se dañen las paredes celulares, lo que provocaría una pérdida excesiva de material soluble, como vitaminas del alimento.

Por lo general, los procesos de deshidratación osmótica se realizan a presión atmosférica. Sin embargo, con objeto de aumentar la velocidad de transferencia de masa y acelerar el proceso, recientemente se están empleando sistemas que consisten en aplicar por breve tiempo (5-15min) en la etapa inicial del proceso altas presiones (100-700 MPa) o presiones de vacío (50-180 mbar) y posteriormente restablecer la presión atmosférica.

El proceso de difusión es un proceso en estado no estacionario, por lo que **el tiempo de inmersión** (hasta antes de alcanzar el equilibrio) es una variable importante para definir la cantidad de agua removida y/o la cantidad de sólidos ganados. El tiempo requerido para obtener un nivel de concentración de sólidos específico en el alimento durante la deshidratación osmótica varía mucho, depende de los factores antes mencionados y puede ser de 1 a 18 horas (Colina Irezabal, 2010).

#### **2.2.5. MEDICIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE MASA**

Della Rocca y Mascheroni (2010), mencionan que el progreso de la transferencia de masa con el tiempo se medirá a través de la pérdida de peso, el contenido de sólidos totales y la pérdida de agua; así que la transferencia de masa en términos de Pérdida de Agua y Ganancia de Solute que se lleva a cabo durante la deshidratación osmótica, se puede calcular de la siguiente manera:

Para calcular la pérdida de peso se aplicará la ecuación 1.

$$PA(\%) = \frac{F_o Y_o - F_t Y_t}{F_o} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

PA= Pérdida de agua al tiempo  $t$  (porcentaje)

$F_o$ = Peso inicial del producto (g)

$F_t$ = Peso del producto al tiempo  $t$  (g)

$Y_o$ = Contenido inicial de la humedad del producto

$Y_t$ = Contenido de humedad del producto al tiempo  $t$

Para calcular el contenido de sólidos totales se aplicará la ecuación 2.

$$GS(\%) = \frac{F_t X_t - F_o Y_o}{F_o} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

GS= Ganancia de sólidos (porcentaje)

$X_o$ = Contenido inicial de sólidos del producto

$X_t$ = Contenido de sólidos del producto al tiempo  $t$

Como durante la deshidratación osmótica, la remoción de agua es mayor que la entrada de las sustancias osmóticas al alimento, la relación PA/GS es un indicativo de la efectividad del tratamiento osmótico. Este valor siempre debe tener valores superiores a la unidad (Colina Irezabal, 2010).

### **2.3. FRITURA**

La fritura de alimentos es uno de los procesos culinarios más antiguos de los que se tiene registro, probablemente desde el siglo VI a. de C, y fue uno de los primeros procesos técnico - culinarios que permitió prolongar la vida útil de los alimentos (Montes et al., 2015), ya que es un método de cocción mundialmente aceptable por la preparación rápida y el aporte característico de sabor y textura crujiente que da al alimento.

La fritura técnicamente corresponde a métodos de cocción de alimentos por medio de la inmersión en aceite comestible (principalmente de origen vegetal) o grasa caliente (mayoritariamente de origen vegetal o animal), por sobre el punto de

ebullición del agua (160-180°C) (Montes et al., 2015), donde el aceite actúa como transmisor de calor, produciendo un calentamiento rápido y uniforme en el alimento (Suaterna Hurtado A. C., 2009). Las grasas y los aceites tienen importantes funciones sensoriales en los productos alimenticios, ya que son los responsables de llevar, mejorar y liberar el sabor de otros ingredientes para desarrollar la textura y las características de los alimentos fritos (Ghidurus et al., 2010).

Las altas temperaturas durante el proceso de fritura de los alimentos causan la evaporación del agua, transfiriéndola del alimento al aceite circundante. Mientras que el aceite absorbido por el alimento reemplaza el agua liberada, constituyendo hasta 40% del producto final, influenciando así todas sus propiedades organolépticas, especialmente sabor, color y aroma (Montes et al., 2015).

Sin embargo, por investigaciones realizadas el alto consumo de alimentos fritos es un factor de riesgo para la salud, principalmente por su alta densidad energética que se presenta a expensas de la grasa y por la formación de compuestos tóxicos, destacándose las acrilamidas que se han relacionado con el desarrollo de algunos tipos de cáncer (FAO/OMS, 2002).

### 2.3.1. PROCESO DE FRITURA

En la ilustración 5 se observa los cambios que un alimento sufre en la fritura, sin embargo, Montes et al., (2015) mencionan que el proceso de fritura se clasifica en cuatro etapas:

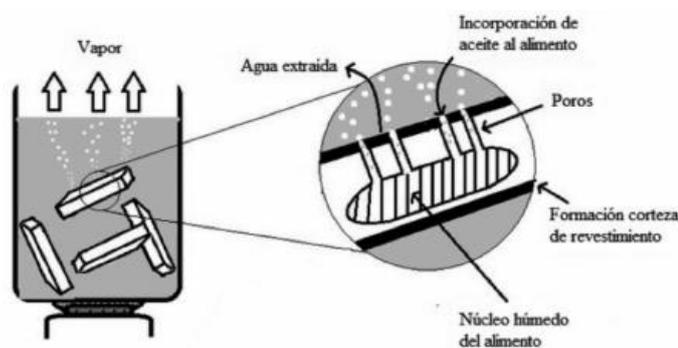


Figura 5. Proceso de Fritura (Montes et al., 2015)

La primera etapa es la del calentamiento inicial en donde la temperatura de la superficie del alimento se eleva a temperaturas de ebullición del agua superficial.

Posee una duración de 10 segundos, caracterizada por una insignificante pérdida de agua y transferencia de calor a través de convección natural.

Para dar a continuación a la segunda etapa del calentamiento de la superficie donde el mecanismo de transferencia de calor cambia de convección natural a convección forzada, aumentando su transferencia. Durante esta etapa del proceso, el vapor de agua liberado por el alimento, impide que el aceite ingrese. Luego, comienza la formación de la corteza de revestimiento.

La tercera etapa es la velocidad decreciente que se caracteriza por ser la más larga de todas, donde ocurre la mayor pérdida de humedad. La temperatura del centro se acerca al punto de ebullición del agua. Posteriormente, la transferencia de vapor es constante y disminuye debido a la reducida cantidad de agua libre y el engrosamiento de la corteza, que actúa como barrera para la liberación rápida de vapor.

Y finalmente ocurre la última etapa o “punto final de burbujeo” que se destaca por el aparente cese de la pérdida de humedad en los alimentos, pudiendo deberse a la falta de agua líquida o una reducción en la transferencia de calor en la interfaz de la corteza/centro. La conductividad térmica de la corteza es baja debido a su sequedad y porosidad.

### **2.3.2. TRANSFERENCIA DE MASA Y CALOR DURANTE EL PROCESO DE FRITURA**

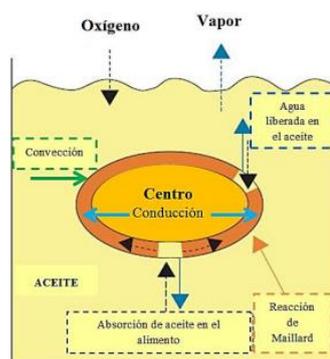
La fritura es un proceso complejo que implica la transferencia simultánea de calor y masa, la cual es provocada por el gradiente de temperatura entre el alimento y el aceite caliente. Dicha transferencia se realiza por dos mecanismos:

- Convección. El calor es transferido entre el aceite y la superficie del alimento.
- Conducción. Que tiene lugar desde la superficie hacia el interior del alimento.

Como se indica en la ilustración 6 la transferencia de masa en este proceso está dada por la remoción del agua desde el interior del alimento a la zona de evaporación (dejando la superficie en forma de vapor) y por la ganancia de aceite. El mecanismo

y la cinética de la pérdida de agua dependen de la presencia o ausencia de la costra del alimento (Villarreal Villota y Naranjo Freire, 2015).

Según Sharma, S. (citado en Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013) como resultado de la transferencia de calor y materia, el producto presenta dos regiones características: la costra o superficie deshidratada, donde se producen los principales cambios, y el interior del alimento, donde la temperatura no sobrepasa la temperatura de ebullición del agua.



**Figura 6.** Transferencia de calor y masa en el proceso de fritura (Villarreal Villota y Naranjo Freire, 2015)

Aguilera, 1997 (citado en Cocio Pulgar, 2006) menciona que la velocidad de transferencia de calor hacia el alimento está influenciada por las propiedades térmicas del alimento, viscosidad del aceite y condiciones de agitación. La transferencia de masa se caracteriza por la pérdida de humedad y la ganancia en aceite, fenómenos que operan en contracorriente.

Un mecanismo para la absorción de aceite durante el proceso de fritura que interviene en la incorporación de éste al alimento es la penetración capilar que se basa en la existencia de una matriz porosa en la cual existe penetración de aceite por capilaridad y que la fuerza impulsora es la diferencia de presión a través de la superficie (Cocio Pulgar, 2006). Costa, 2004 menciona que durante la fritura los alimentos pierden agua la cual se transforma en vapor, se forma una costra con numerosas cavidades, poros y una gran superficie, en donde el aceite llena los volúmenes producidos por la pérdida de agua, es decir, a medida que el agua se evapora, el ingreso del aceite se da por la capilaridad ya que crea poros en el

alimento produciendo un espacio destinado para el ingreso de aceite (Moreira et al., 2009).

### **2.3.3. EL ALMIDÓN EN LA FRITURA**

Un fenómeno importante que presenta el almidón es la gelatinización, al echar granos de almidón en agua, se produce una dispersión ya que no es soluble, pero los granos son capaces de embeber agua, este fenómeno aumenta con la temperatura. Es un proceso irreversible. A una determinada temperatura el grano se rompe y aparece la gelatinización. Cada almidón tiene un punto de gelatinización diferente, el trigo 80-85 grados, el maíz 70-72 y la patata 60-65 grados. Las dispersiones de almidón son viscosas y esta viscosidad varía con la temperatura. Los geles pueden cristalizar con el tiempo esto es la retrogradación, la dispersión se calienta hasta una temperatura inferior a la gelatinización y se enfría. El almidón puede dar sinéresis, es decir el gel con el tiempo pierde agua, acentuándose con tratamientos extremos: congelación y fritura (Bojaca, Cucaita, Rizzo, y Iragorri, 2010).

Bertrand, M (citado en Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013) menciona que el almidón se gelatiniza y se carameliza, ayudando en la formación de la corteza, provocando un producto finalmente duro. El autor Anderson, A (1994) dice que el almidón requiere de la presencia de agua para su gelatinización por lo que a mayor contenido de humedad se esperaría un mayor grado de gelatinización del almidón superficial, limitando la absorción de grasa interna en el producto. Sin embargo se ha reportado que con tiempos de fritura cortos y temperaturas elevadas, la dureza del producto final se puede dar por la rápida formación de la costra, lo cual evita el desplazamiento del agua desde el interior del alimento hacia la superficie del mismo, quedando atrapada en las paredes del producto y ocasionando fragilidad.

La gelatinización es quizá la transición más importante de los polímeros de almidón cuando son sometidos a procesos de calentamiento, lo cual tiene gran impacto en el procesamiento, calidad y estabilidad de los productos basados en estos compuestos (Pineda-Gómez, Coral, Arciniegas, Rorales-Rivera, y Rodríguez-García, 2010). Durante el proceso de gelatinización, el orden molecular dentro de los gránulos es destruido gradual e irreversiblemente, por esto la temperatura de gelatinización es

característica para cada tipo de almidón y depende fundamentalmente de la transición vítrea de la fracción amorfa del almidón (EERLINGEN; DELCOUR, 1995). Algunos eventos ocurren durante el proceso: el orden molecular, y por lo tanto la birrefringencia, se pierde; los gránulos pierden su cristalinidad, absorben gran cantidad de agua, provocando el hinchamiento y un aumento en su volumen. Se solubilizan algunas moléculas, particularmente la amilosa, que se difunde hacia el agua y, si el calentamiento continúa, se rompen y se observa una solubilización parcial del almidón. Todo este proceso es endotérmico, requiriéndose aproximadamente 10 mJ.mg<sup>-1</sup> de almidón para efectuarlo, como lo han demostrado los estudios con Calorimetría Diferencial de Barrido (CDB) de Biliaderis (1992) (citado en (Hernández-Medina, Torruco-Uco, Chel-Guerrero, y Betancur-Ancona, 2008).

#### **2.3.3.1. El Agua en la Gelatinización**

Los cambios que ocurren en la transición del almidón están influenciados por factores intrínsecos y por factores extrínsecos, como la velocidad de calentamiento, el contenido de humedad, el daño mecánico de los gránulos, la historia térmica de la muestra y las condiciones de extracción del almidón, entre otras. El almidón empieza a absorber agua, por lo que se va hinchando. Esta hinchazón provocada por el agua empieza a alterar la estructura del almidón, volviéndose inestable. Si la temperatura del agua es la adecuada, el almidón acabará descomponiéndose en partes más pequeñas, así que el contenido de la molécula del almidón se “funde” con el agua (en realidad, se combina), lo que provoca cierta pastosidad consistente. Para la transición se requiere un porcentaje de agua mayor al 30 % y una temperatura entre 60 y 75°C, valor que depende de la fuente de origen del almidón (Pineda-Gómez et al., 2010).

#### **2.3.3.2. Temperatura de Gelatinización**

En un estudio realizado a la zanahoria blanca o arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) menciona que la temperatura de gelatinización se inicia hacia los 49°C y finaliza hacia los 65°C. El evento endotérmico se observa hacia los 55°C.

La temperatura de gelatinización para el almidón de arracacha es menor en comparación con otros almidones, reflejando una menor estabilidad y energía de red de su estructura cristalina, que se evidencia en la baja entalpía asociada a la gelatinización que es de 2.49J/g (Rodríguez et al., 2005).

### **2.3.3.3. Contenido de Amilosa**

Los autores Rodríguez et al. (2005), mediante una evaluación colorimétrica indica que el contenido de amilosa en el almidón de la zanahoria blanca es de  $17.46 \pm 0.47\%$  siendo un porcentaje bajo en comparación con otros alimentos, debido a la temperatura de gelatinización ya que es dependiente de los puntos de fusión de los componentes del almidón (amilosa y amilopectina).

### **2.3.4. EFECTO DE LA HUMEDAD DEL ALIMENTO EN LA FRITURA**

El calor que se produce en el proceso de fritura reduce el contenido de humedad del alimento hasta 3% o menos y la humedad desprendida es la causante del vapor generado durante el proceso. El espacio libre que deja el agua que escapa es ocupado por el aceite. La cantidad de aceite absorbido por un alimento depende en gran medida de su contenido de humedad, porosidad y superficie expuesta al aceite de fritura. Esta cantidad es aproximadamente entre el 20 y 40% en base al peso del alimento frito. Freír alimentos a temperaturas demasiado bajas provoca que los mismos atrapen más cantidad de grasa en su interior (Valdiviezo, 2014).

## **2.4. SNACKS**

Los snacks, también llamados chips u hojuelas fritas, son un alimento elaborado por medio de fritura, extrusión y/o deshidratación que su fin es ser consumidos por placer o como complemento energético o nutritivo para satisfacer temporalmente el hambre ya que no constituyen por si mismos ninguna de las principales comidas del día. Investigaciones realizadas por la Food and Agriculture Organization, (2011) este alimento puede ser fabricado con una amplia gama de materias primas como cereales y tubérculos. El procedimiento más utilizado es la fritura, pero existen otros como la extrusión o el horneado.

La producción de snacks es infinita (ilustración 7), puesto que se tiene un área innumerable en colores formas, tamaños y sabores para el momento de fabricar (Higuera Rosero y Prado Argoti, 2013).



**Figura 7.** Variedades de snacks

#### 2.4.1. COMPOSICIÓN DE UN SNACK

El libro Larousse de la dietética y la nutrición (citado en Cajamarca e Inga, 2012) menciona que debido a la diversidad de estos alimentos es difícil considerar un valor nutricional promedio, sin embargo, todos estos productos se consideran ricos en grasa (carnes, frituras, salsas) la mayoría saturadas y altos en proteína (huevos, pescado, carnes, queso); además, estos productos suelen ser bajos en fibra alimentaria, vitaminas y minerales, excepto en sal y altamente energéticos especialmente si se acompaña con una bebida.

**Tabla 5.** Composición de snacks

NOMBRE PRODUCTO	HUMEDAD	CENIZA	PROTEINAS	GRASA
Papas fritas en paquete	2,2	4,5	6,4	24,0
Chifles de sal en paquete	3,6	2,3	2,2	25,7
Chifles de dulce en paquete	3,4	1,8	1,6	20,6

Fuente: (Cajamarca y Inga, 2012)

En la tabla 5 se observa que los paquetes de papas fritas por cada 100 gramos contienen un 24% de grasa, 2,2% de humedad, 4,5% de cenizas y 6,4% de proteínas; mientras un paquete de chifles de plátano de sal contiene 25,7% de grasa, 3,6% de humedad, 2,3% de cenizas y 2,2% de proteínas y un paquete de chifles de plátano

de dulce contiene 20,6% de grasa, 3,4% de humedad, 1,8% de cenizas y 1,6% de proteínas, es decir, estos productos fritos exceden el 20% de grasa total.

Lozano, S (2013), menciona que un paquete de papas fritas contiene aproximadamente 30 gramos de grasa por cada 100 gramos de producto, es decir 155 calorías.

**Tabla 6.** Contenido de un snack en general

PARÁMETRO	SNACK EN GENERAL (por cada 100g)
Proteína	4,62
Grasa	35,28
Carbohidratos	55,4
Fibra	2,9

Contienen 35,28 gramos de grasa y 0 mg de Colesterol. Hay minerales presentes en Snack, como Potasio (637 mg), Sodio (400 mg) o Fósforo (110 mg) pero no Flúor. Contienen algunas vitaminas importantes: Vitamina K (7,2 µg), Vitamina B-3 (2,7 mg) o Vitamina B-9 (19 mg).

#### 2.4.2. INDUSTRIAS DE SNACKS EN EL ECUADOR

En la tabla 7 se detalla las industrias existentes a lo largo del país, así como los productos que cada una de ellas tiene en el mercado.

**Tabla 7.** Industrias de snacks en el Ecuador

INDUSTRIA	PRODUCTO	LUGAR
BanchisFood S.A.	Empresa líder en la producción y comercialización de snacks	Quito
PlataYuc CIA. LTDA.	Chifles de dulce y sal, chips de yuca	Guayaquil, Quito

---

Kucker	Chifles y snacks a base de plátano	Quito
Snacks Brand Ecuador S.A.	Snacks de plátano y yuca en sabores sal, dulce y picante	Quito
Sol Chifles Platanitos	Snacks naturales de plátano verde y maduro	Portoviejo
Lanher Snacks	Snacks de garbanzo, soya y habas	Quito
Camotexport	Snacks de camote	Quito
American Cargo S.A.	Snacks de plátano	Guayaquil
Comerciante	Snacks de plátano y banano	Guayaquil
Bulpencorps S.A.	Snacks de banano y plátano	Guayaquil
Comsaju CIA. LTDA.	Snacks a base de maíz, papas, yuca, plátano y maní	Quito
ESCO	Snacks de rollitos de queso y pistachos de maní	Quito
Mormiran C.A.	Snacks	Ambato
Snacks Sbrands Ecuador S.A.	Snacks de chifle, yuca, malanga, mix de vegetales	Quito

---

Fuente: (EKOS, 2015)

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LOCALIZACIÓN**

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Análisis de las Unidades Eduproductivas de la Carrera de Agroindustria, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos de la Facultad de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. En la tabla 8 se presenta la ubicación del área de estudio en donde se realizó el trabajo de investigación.

**Tabla 8.** Ubicación y datos meteorológicos del área de experimentación

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Lugar	Unidades Eduproductivas
Dirección	Calle Ulpiano de la Torre
Altitud	2205 m.s.n.m
Temperatura promedio	19°C
Humedad relativa	68%

**Fuente:** (PUCE-SI, 2016)

## 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

### 3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Zanahoria Blanca
- Cloruro de calcio
- Sacarosa
- Aceite de Girasol

### 3.2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

**Equipos:** baño maría, balanza infrarroja y gramera, termómetro, freidora eléctrica.

**Materiales:** vasos de precipitados 1L, probeta 500mL, balón volumétrico 1L, tabla de plástico, pelador, cuchillo, cucharas, bandejas de plástico, coladores de plástico, papel absorbente, recipientes de plástico, fundas con cierre hermético.

## 3.3. MÉTODOS

### 3.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL

Con el fin de caracterizar la materia prima y el producto final se realizaron los análisis descritos en la tabla 9.

**Tabla 9.** Caracterización de la materia prima y del producto final

Tipo de análisis	Metodología	Unidad
Humedad	AOAC 925.10	Porcentaje
Ceniza	AOAC 923.03	Porcentaje
Proteína	AOAC 920.87	Porcentaje
Extracto etéreo	AOAC 920.85	Porcentaje
Fibra	AOAC 978.10	Porcentaje
Ca		
Mg	Espectrofotómetro AA	Porcentaje
Fe		
Almidón	Fehling	mg/100g

### 3.3.1.1. Determinación de Humedad

Se determinó en base a la norma AOAC 925.10 y correspondió al porcentaje de humedad en base húmeda.

$$\%X_{bh} = \frac{\text{Peso del crisol} + \text{Peso de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso de la muestra}} \quad (3)$$

### 3.3.1.2. Determinación de Ceniza

Siguiendo el método AOAC 923.03, se tomó 2g de muestra, los cuales se colocó en un crisol registrándose el peso. Posteriormente se transfirió en una placa de calentamiento para calcinarla hasta que deje de emitir vapores.

Se enfrió la muestra y se colocó en la mufla a 550°C. Pasada las cinco horas, se dejó que descienda la temperatura de 110°C. Para que adquiera una temperatura ambiente se dejó en el desecador por 20min. Se pesó el crisol con las cenizas y se calculó como indica la ecuación 4:

$$\% \text{ cenizas totales} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (4)$$

Donde:  $m_2$  = g de la cápsula con cenizas

$m_1$  = g de la cápsula con la muestra

$m_0$  = g de la cápsula vacía

### 3.3.1.3. Determinación de Proteína

Según el método de la AOAC 920.87, se pesó en un papel encerado y se colocó en un tubo de digestión de 250ml, se añadió una pastilla de digestión y se adicionó ácido sulfúrico concentrado para homogenizarlo.

Se colocó la muestra en el digestor y se calentó con un incremento de la temperatura paulatinamente hasta que la muestra adquiera un color azul verdoso cristalino. Se

destiló la muestra con ácido bórico y un indicador adicionando hidróxido de sodio hasta cambio de coloración.

Terminado el proceso de destilación se retiró el tubo y desechó los residuos en un recipiente. Se realizó la titulación a la muestra con ácido clorhídrico 0.1 normal hasta que la solución se tornó violeta. Con el volumen consumido se procede a calcular aplicando las ecuaciones 5 y 6 como lo indica a continuación:

$$mg N = N \times V \times 14 \quad (5)$$

$$\% Proteína = \frac{P_2}{P_0} \times 100 \times F \quad (6)$$

Dónde: N= Normalidad del ácido de valoración

V= Volumen del ácido consumido

14= Peso atómico del nitrógeno

$P_2$ = Nitrógeno (mg)

$P_0$ = Peso de la muestra (mg)

F= Factor proteínico de 6.25

#### **3.3.1.4. Determinación de Extracto Etéreo**

Se determinó en base a la norma AOAC 930.15 y correspondió al porcentaje de extracto etéreo o grasa, aplicando la ecuación 7.

$$\%grasa = \frac{\text{peso del caso vacío} - \text{peso del caso con grasa}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \quad (7)$$

#### **3.3.1.5. Determinación de Fibra**

Según el método AOAC 978.10 se secó una muestra en la estufa a 70°C y se la paso por un tamiz. Se pesó 2g de muestra y en un matraz se añadió 200ml de ácido sulfúrico a 0.25 normal hirviendo y gotas antiespumantes.

Se sometió a ebullición por 30min en el condensador rotando constantemente. El contenido resultante se filtró a través del embudo Buchner y se lavó con 75ml de agua hirviendo repitiendo el proceso por tres veces con 50ml. Se retorna el residuo al desecador y se hirvió por 3min rotando el matraz periódicamente. Se repite el proceso de lavado, esta vez iniciando con 25ml de ácido sulfúrico con tres repeticiones y 25ml de etanol al 95%.

Se transfirió el residuo al crisol y se secó en la estufa a 130°C por dos horas. Se enfrió y trasladó al desecador para registrar su peso. Se incinera la muestra por 30min a 600°C y se traslada al desecador y se pesa nuevamente. Con los datos obtenido, se calculó mediante las ecuaciones 8 y 9:

$$fibra\ cruda\ en\ muestra\ molida\ \% = C = \frac{(P_i - P_{fc}) \times 100}{\text{peso de la muestra}} \quad (8)$$

$$fibra\ cruda\ base\ húmeda\ \% = C \times \frac{100 - \text{humedad m original}}{100} \quad (9)$$

Dónde:  $P_i$  = Pérdida de peso en la incineración

$P_{fc}$  = Pérdida de peso del blanco de fibra cerámica

### 3.3.1.6. Análisis Microbiológicos al producto final

Los seis mejores tratamientos de las hojuelas fritas de zanahoria blanca fueron analizados microbiológicamente de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma INEN 2 561:2010 para bocaditos de productos vegetales, como se especifica en la tabla 10.

**Tabla 10.** Análisis microbiológico

Momento de evaluación	Variable a evaluarse	Metodología
Al final del experimento	Recuento estándar en placa, ufc/g	NTE INEN 1529-5
Al final del experimento	Recuento de E. coli ufc/g	NTE INEN 1529-7
Al final del experimento	Recuento de mohos ufc/g	NTE INEN 1529-10

### **3.3.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA**

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar DCA con un arreglo factorial  $A \times B \times C$ , donde A representa la concentración de sacarosa en la solución osmótica, B la concentración de cloruro de calcio en la solución osmótica y C la temperatura de la solución osmótica.

#### **3.3.2.1. Factores en estudio**

**Factor A:** Concentración de Sacarosa

**A1:** 20%

**A2:** 40%

**Factor B:** Concentración de Cloruro de Calcio

**B1:** 0%

**B2:** 3%

**Factor C:** Temperatura de la Solución Osmótica

**C1:** 40°C

**C2:** 55°C

#### **3.3.2.2. Características del experimento**

Número de repeticiones por tratamiento      3

Números de tratamientos                              8

Unidades experimentales                              24

Cada unidad experimental fue de 400g

#### **3.3.2.3. Determinación de la ganancia de sólidos**

Para determinar la ganancia de sólidos de la zanahoria blanca en la deshidratación osmótica fue mediante la diferencia de la humedad restada de 100 tomando que el resultado es el porcentaje de sólidos.

### 3.3.2.4. Características del experimento

Al finalizar la deshidratación osmótica tras 6 horas de tratamiento, se evaluaron 8 tratamientos con tres repeticiones, resultando 24 unidades experimentales de 400g de rebanadas de zanahoria blanca con un espesor de 2mm aproximadamente. El esquema del análisis de varianza se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11.** Análisis de varianza

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Total	23
Tratamientos	7
Factor A concentración de sacarosa	1
Factor B concentración de cloruro de calcio	1
Factor C temperatura de la solución osmótica	1
Interacción (A x B)	1
Interacción (A x C)	1
Interacción (B x C)	1
Interacción (A x B x C)	1
Error experimental	16

Al existir diferencia significativa entre tratamientos se aplicó la prueba de Tukey 5%.

### **3.3.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE EL CONTENIDO DE GRASA POSTERIOR A LA FRITURA EN PRODUCTO FINAL**

A partir de la aplicación del diseño se determinó los 6 mejores tratamientos después de la fritura, tomando en cuenta el porcentaje de grasa en las hojuelas de zanahoria blanca, por lo tanto, se utilizó un Diseño Completamente al Azar DCA con un arreglo factorial  $A \times B \times C + 1$ , donde A representa la concentración de sacarosa en la solución osmótica, B la concentración de cloruro de calcio en la solución osmótica, C la temperatura de la solución osmótica y +1 el testigo sin tratamiento.

#### **3.3.3.1. Factores en estudio**

**Factor A:** Concentración de Sacarosa

**A1:** 20%

**A2:** 40%

**Factor B:** Concentración de Cloruro de Calcio

**B1:** 0%

**B2:** 3%

**Factor C:** Temperatura de la Solución Osmótica

**C1:** 40°C

**C2:** 55°C

**Testigo:** Hojuelas sin tratamiento

#### **3.3.3.2. Características del experimento**

Número de repeticiones por tratamiento	3
Números de tratamientos	9
Unidades experimentales	27

### 3.3.3.3. Tratamientos en estudio

De la combinación de los factores en estudio resultaron 9 tratamientos, detallados en la tabla 12.

**Tabla 12.** Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Combinaciones	Descripción
T1	A1B1C1	Sacarosa 20%, CaCl2 0%, 40°C
T2	A1B1C2	Sacarosa 20%, CaCl2 0%, 55°C
T3	A1B2C1	Sacarosa 20%, CaCl2 3%, 40°C
T4	A1B2C2	Sacarosa 20%, CaCl2 3%, 55°C
T5	A2B1C1	Sacarosa 40%, CaCl2 0%, 40°C
T6	A2B1C2	Sacarosa 40%, CaCl2 0%, 55°C
T7	A2B2C1	Sacarosa 40%, CaCl2 3%, 40°C
T8	A2B2C2	Sacarosa 40%, CaCl2 3%, 55°C
Testigo		

### 3.3.3.4. Características del experimento

Al finalizar la fritura de las rebanadas de zanahoria blanca se evaluaron 8 tratamientos con tres repeticiones más el testigo. El esquema del análisis de varianza se muestra en la tabla 13.

**Tabla 13.** Análisis de varianza con testigo

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	26

Tratamientos	8
Factor A concentración de sacarosa	1
Factor B concentración de cloruro de calcio	1
Factor C temperatura de la solución osmótica	1
Interacción (A x B)	1
Interacción (A x C)	1
Interacción (B x C)	1
Interacción (A x B x C)	1
Testigo vs Resto	1
Error experimental	18

### **3.3.3.5. Determinación de Extracto Etéreo**

Se determinó en base a la norma AOAC 930.15 de los resultados se seleccionó los 6 mejores tratamientos de acuerdo al porcentaje de extracto etéreo obtenido en comparación con el porcentaje de extracto etéreo del testigo.

### **3.3.3.6. Análisis Funcional**

Al existir diferencia significativa entre tratamientos se aplicó la prueba de Tukey 5%. La evaluación de las variables cualitativas se realizó utilizando la prueba de Friedman al 5%.

### **3.3.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL**

Se aplicó a un panel degustador. Se presentaron seis tratamientos a cada uno de los 28 panelistas, los cuales previamente fueron analizados microbiológicamente descritos en la tabla 10 para asegurar que se encuentran libre de contaminación. Las variables evaluadas fueron olor, color, sabor y textura. La información recolectada

fue analizada mediante la prueba de Friedman. Las características evaluadas son de las siguientes:

El análisis sensorial es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento desde el punto de vista del consumidor mediante el uso de los sentidos del cuerpo humano.

**COLOR:** Las hojuelas fritas de zanahoria blanca se evaluaron de acuerdo a la impresión visual del producto de acuerdo a su preferencia.

**OLOR:** Se evaluó un olor agradable al olfato.

**SABOR:** Se evaluó el sabor de la hojuela frita dulce de zanahoria blanca según su gusto, el cual debería ser de sabor dulce agradable, libre de sabores extraños.

**TEXTURA:** Debe presentar una textura crocante ni siendo tan dura ni tan suave, tanto al romper el chip como al masticar.

El estadístico de prueba se calculó según la ecuación 10. La diferencia estadística entre los tratamientos se evidenció cuando  $X^2_{cal} > X^2_{tab}$ :

$$x^2 = \frac{12}{b \cdot t(t + 1)} \Sigma R^2 - 3b(t + 1) \quad (10)$$

b= Número de panelistas, t= Tratamientos, R= Rangos

Con esta prueba se obtuvo los tres mejores tratamientos de hojuelas fritas de zanahoria blanca, los cuales fueron caracterizados de acuerdo a la descripción de la tabla 9.

### 3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 3.4.1. DIAGRAMA DE BLOQUES

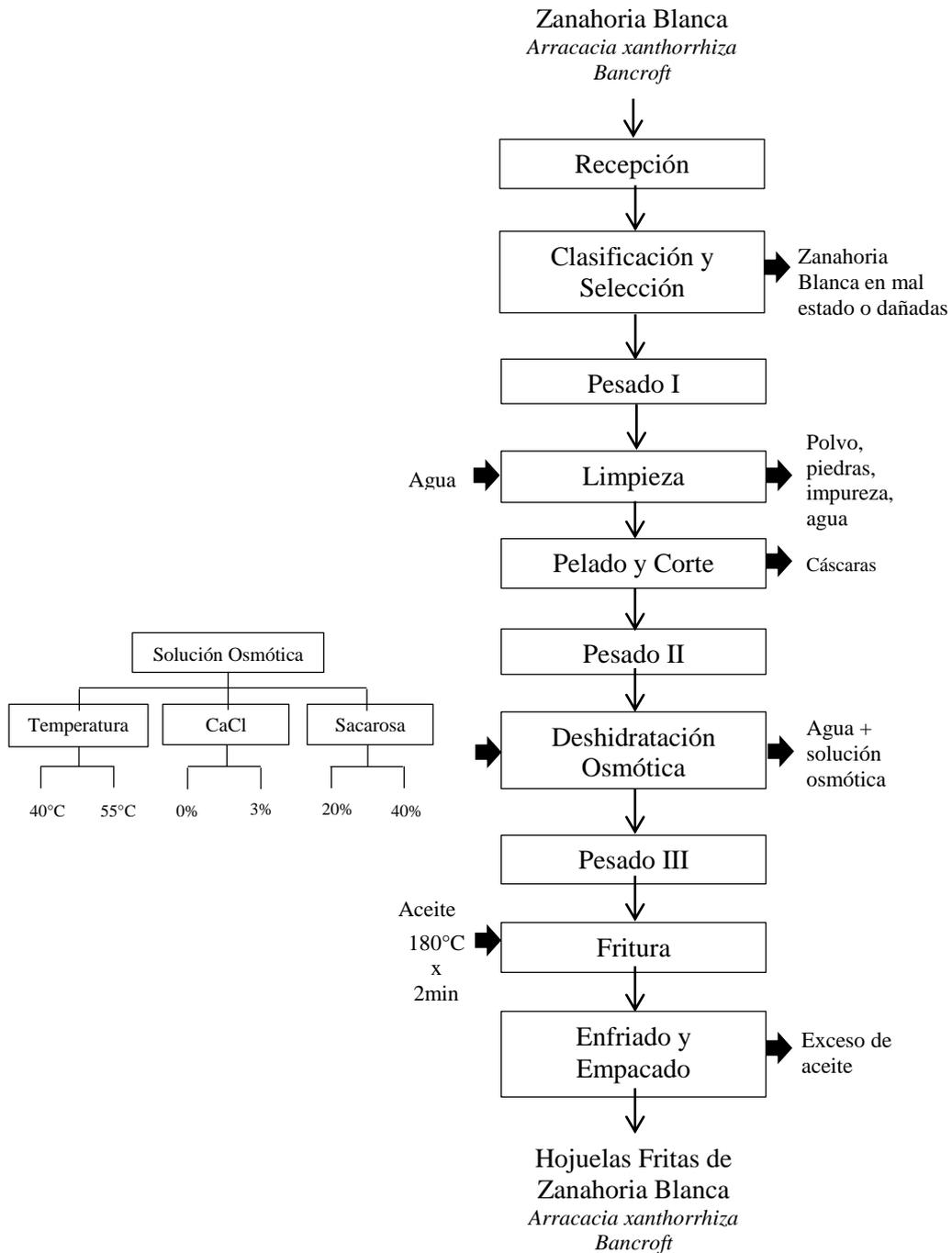


Figura 8. Diagrama de Bloques

### 3.4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

**RECEPCIÓN:** La materia prima se obtuvo en el mercado Amazonas de la ciudad de Ibarra, considerando criterios de madurez, color y tamaño de las zanahorias blancas y se transportó a las unidades Eduproductivas. La materia prima utilizada en esta investigación fue cosechada de la provincia del Carchi, cantones de Mira y Montúfar, los cuales presentan condiciones climáticas descritos en la tabla 14.

**Tabla 14.** Condiciones Climáticas de la zanahoria blanca

Cantón	Mira	Montúfar
Altitud	1 000 a 3 500m.s.n.m	2 200 a 3 400m.s.n.m
Temperatura promedio	12 a 24°C	12,5 a 22°C
Período vegetativo	10 – 12 meses	

**CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN:** Se seleccionaron las zanahorias blancas para excluir las que estén en mal estado o presenten golpes, aberturas, etc.

**PESADO 1:** Se pesó 400 gramos de zanahoria blanca por cada unidad experimental, como se muestra en la ilustración 9.



**Figura 9.** Pesado I

**LIMPIEZA:** Para eliminar tierra, hojas, piedras e impurezas se realizó un lavado con agua potable.



**Figura 10.** Limpieza

**PELADO Y CORTE:** En una tabla de plástico se realizó el pelado de las zanahorias blancas con un pelador de acero inoxidable como lo muestra la ilustración 11 (izquierda) y con la ayuda de un cuchillo para quitar residuos de la cascara o pequeños huecos. A continuación, se procedió al corte de las zanahorias blancas como se indica en la ilustración 11 (derecha) con un rebanador de cuchillas de acero inoxidable, el grosor de cada rebanada se estableció entre 1,5 a 2 milímetros para lograr una buena deshidratación osmótica.



**Figura 11.** Pelado y Corte

**PESADO II:** Las rebanadas de zanahoria blanca fueron pesadas (ilustración 12) con el fin de determinar la pérdida que hubo al momento del pelado y corte, y de igual manera para determinar la masa de la materia prima que ingresó al proceso.



**Figura 12.** Pesado II

**DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA:** Primero se preparó las soluciones osmóticas (ilustración 13 izquierda arriba) de acuerdo a los factores establecidos que fueron:

**Factor A:** 20% y 40% de concentración de sacarosa

**Factor B:** 0% y 3% de cloruro de calcio

**Factor C:** 40°C y 55°C de la solución osmótica

Para ello se utilizó el equipo de baño maría digital, el cual se calentó previamente a la temperatura requerida, la solución osmótica se colocó en un vaso de precipitado de un litro de capacidad y se puso a calentar hasta que llegue a la temperatura necesitada que fue tomada con un termómetro, una vez alcanzada la temperatura se colocó las rebanadas de zanahoria blanca, iniciando el tiempo de deshidratación osmótica. Se tomó muestras de rodajas de zanahorias blancas en las primeras dos horas cada veinte minutos y cada hora hasta las seis horas, para evaluar la variación de humedad, la cual fue medida en una balanza infrarroja sacando una muestra de zanahoria blanca y colocada en papel aluminio para ser puesta en el equipo a su determinación.

Culminado el tiempo se sacó las rebanadas de zanahorias blancas de la solución con la ayuda de un colador, dejó escurrir durante 5 minutos aproximadamente y posteriormente se colocaron en papel absorbente para eliminar el excedente de la solución hipertónica como se observa en la ilustración 13 (izquierda abajo).



**Figura 13.** Deshidratación Osmótica

**PESADO III:** Con el fin de conocer el peso en gramos que se perdió al momento de la finalización de la deshidratación osmótica se realizó un tercer pesado.



**Figura 14.** Pesado III

**FRITURA:** Se realizó la fritura por inmersión en proporción 1:6 (p/v) con respecto a las rebanadas de zanahoria y aceite. Se utilizó una freidora eléctrica con aceite previamente calentado a una temperatura fija de 180°C y se procedió a la fritura de las rebanadas por un tiempo de 2 minutos (Guzmán, Acevedo, & Granados, 2012). El aceite que se utilizó fue aceite refinado de girasol.



**Figura 15.** Fritura

**ENFRIADO Y EMPACADO:** Se colocaron las hojuelas de zanahoria blanca en bandejas recubiertas con papel absorbente, para eliminar el exceso de aceite y una vez enfriadas las hojuelas se empacaron en fundas con cierre hermético.



**Figura 16.** Enfriado y Empacado

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

De acuerdo al primer objetivo, la caracterización físico-química de la materia prima se describe en la tabla 15.

**Tabla 15.** Composición Físico-Química

PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDAD	ZANAHORIA BLANCA FRESCA	MÉTODO
Humedad	%	73,88	AOAC 925.10
Cenizas	%	1,17	AOAC 923.03
Proteína	%	6,00	AOAC 920.87
Extracto Etéreo	%	1,20	AOAC 920.85
Fibra	%	4,30	AOAC 978.10
Almidón	%	18,30	Fehling
Calcio	%	0,16	
Magnesio	%	0,08	Espectrofotometría
Hierro	mg/100g	15,00	de absorción atómica
Sodio	mg/100g	0,65	

El agua es el principal componente de los tubérculos y raíces andinos y los resultados de humedad obtenidos en la caracterización de Zanahoria Blanca *Arracacia xanthorrhiza Bancroft* lo indica, con valor de 73,88%, así lo señala Jiménez (2005) quien en su investigación obtiene valores entre 73,00% y 75,10% de humedad; así mismo una investigación realizada por el INIAP (1983) sobre diversos tubérculos y raíces, indica que la zanahoria blanca tiene un 73% de humedad.

El valor de ceniza en la caracterización de esta raíz se obtuvo 1,17%, mientras los investigadores Coral y Gallegos (2015) obtuvieron un valor semejante de 1,43%; en otra investigación realizada por Rodas (1992) obtuvo un valor de 0.90%.

La proteína en un alimento es considerada como un nutriente esencial; al realizar la caracterización de la zanahoria blanca se obtuvo un resultado del 6%, sin embargo, los autores Coral V y Gallegos R (2015) obtuvieron 1,14%, mientras que Espín et al., (2001) al realizar su investigación encontraron un 5,10% de proteína en la zanahoria blanca, mas según Barrera (2004) menciona que estas composiciones pueden variar en función del clima, el suelo, y la variedad de cultivo a la cual fue sometido la raíz.

En la investigación de Jiménez (2005) se obtuvo valores de 0,20% y 0,30% de extracto etéreo, mientras Espín et al., (2001) encontró que su contenido de grasa es de 1,11%, en la presente investigación se obtuvo un valor semejante de 1,20%.

Mazón, Castillo, Hermann, y Espinosa (1996) al realizar el análisis de fibra obtuvieron un resultado de 5%, mientras Espín et al., (2001) obtuvieron un valor similar de 5,18%. Dichos valores se asemejan al que se obtuvo en la investigación que fue de 4,30% de fibra.

La parte comestible de la zanahoria blanca es la raíz, de sabor agradable y de fácil digestibilidad ya que posee un almidón muy fino (Coral, 2014). Al realizar dicho análisis se obtuvo un 18,30% de almidón. Mazón, Castillo, Hermann, y Espinosa (1996) encontraron en su investigación que la zanahoria blanca tenía un 67,29% de

almidón, sin embargo INIAP (1996) menciona que esta raíz posee un almidón de tamaño granular pequeño y de fácil digestibilidad en un rango del 10 al 25%.

La zanahoria blanca se destaca por tener una cantidad considerable de minerales, como lo menciona INIAP (1996) que tiene un alto contenido de calcio de 0,28%, aunque en la presente investigación se encontró un 0,16%, la cual sin embargo fue superior a la obtenida por Benalcázar (2011) que fue de 0,053%. Con respecto al magnesio se encontró apenas un 0,08%, así como el autor Rodríguez (2010) obtuvo un 0,07%. El contenido de hierro en la zanahoria blanca fue de 15mg/100g, en la investigación de Rodríguez (2010) obtuvo 2,20mg/100g. La zanahoria blanca se considera un alimento de bajo contenido de sodio ya que en la presente investigación se obtuvo un 0,65mg/100g y los autores Espín et al., (2001) obtuvieron 0,13mg/100g de sodio.

## 4.2. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE EL CONTENIDO DE GRASA POSTERIOR A LA FRITURA EN EL PRODUCTO FINAL

### 4.2.1. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La deshidratación osmótica se realizó en 8 tratamientos durante un tiempo de 6 horas, el cuál fue determinado hasta que llegó a un punto de equilibrio, es decir hasta que no hubo más descenso en la humedad. Se tomó muestras de las rebanadas de zanahoria blanca al inicio en estado fresco y cada veinte minutos las dos primeras

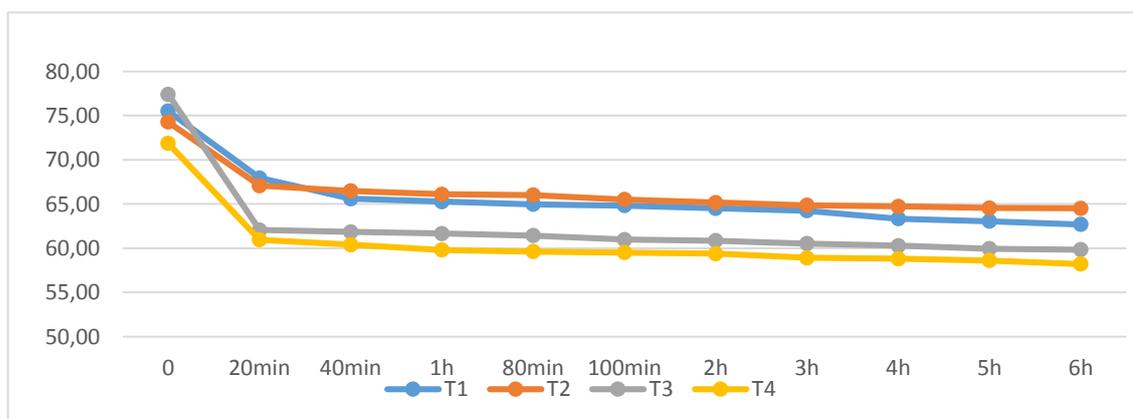
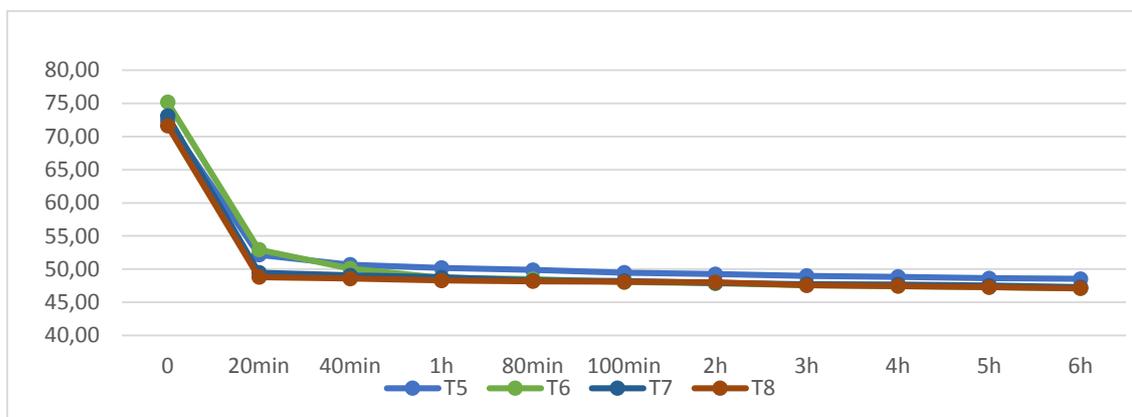


Figura 17a. Pérdida de humedad al 20% de sacarosa

horas y cada hora hasta completar las seis horas de deshidratación osmótica para conocer el porcentaje de humedad en cada tiempo establecido.



**Figura 17b.** Pérdida de humedad al 40% de sacarosa

En la ilustración 17a se muestra mediante una gráfica el descenso de humedad en los tratamientos que tienen como concentración 20% de sacarosa y la ilustración 17b se muestra el descenso de humedad de los tratamientos con concentración de 40% de sacarosa. Aquí se puede identificar que en los tratamientos T5, T6, T7 y T8, que en común tienen la concentración del 40% de sacarosa, hubo una mayor pérdida de humedad, frente al resto de tratamientos, destacando que los tratamientos al tener una mayor concentración de sacarosa lograron reducir más su contenido de humedad al cabo de las 6 horas de tratamiento. Sin embargo, en todos los tratamientos la mayor pérdida de agua fue en el transcurso de la primera hora y a partir de la segunda hora se observa un descenso mínimo de 1% hasta completar las seis horas de deshidratación osmótica, tal como lo indican los autores Maldonado, Santapaola, Singh, Torrez y Garay (2008) quienes mencionan que la mayor pérdida de agua ocurre dentro de los primeros 60 minutos.

La ganancia de sólidos aumenta rápidamente en los primeros 20 a 60 minutos del proceso y luego sigue en incremento regularmente en las siguientes horas, al finalizar el proceso se obtienen los porcentajes descritos en la tabla 16, es decir, en los tratamientos T5, T6, T7 y T8, hubo una mayor ganancia de sólidos. Estos resultados son coincidentes con los resultados en la investigación de Maldonado et al., (2008).

**Tabla 16.** Ganancia de sólidos de cada tratamiento (%)

<b>TRATAMIENTOS</b>								
<b>Ganancia de Sólidos (%)</b>	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	37,31	35,49	40,17	41,78	51,48	52,89	52,71	52,90

Para realizar el análisis de varianza se tomaron como datos la diferencia de la humedad inicial y la humedad final que se obtuvo de cada tratamiento con sus tres respectivas repeticiones.

El análisis de varianza de los valores de pérdida de humedad en la solución osmótica en los tratamientos, presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.01$ ), tanto para los tratamientos, como para los factores A (concentración de sacarosa) y B (concentración de cloruro de calcio). Esto indica que la concentración de sacarosa y la concentración de cloruro de calcio influyen significativamente en la pérdida de humedad de las zanahorias blancas en la solución osmótica. Las interacciones AB y AC también son altamente significativo, es decir, al combinar el factor A (concentración de sacarosa) con el Factor B (cloruro de calcio) o el factor A con el Factor C (temperatura de la solución osmótica) se obtuvo una mayor pérdida de agua, en comparación con la interacción AxBxC la cual resultó significativa, es decir que no se obtiene una mayor pérdida de humedad combinando los tres factores.

**Tabla 17.** Análisis de varianza de la reducción de humedad

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F. cal</b>		<b>F. tab</b>	
						<b>5%</b>	<b>1%</b>
<b>Total</b>	1028,01	23					
<b>Repetición</b>	5,86	2	2,93	2,49	ns	3,74	6,51
<b>Tratamiento</b>	1005,69	7	143,67	122,20	**	2,76	4,28
<b>A</b>	881,61	1	881,61	749,84	**	4,60	8,86
<b>B</b>	18,66	1	18,66	15,87	**	4,60	8,86

<b>C</b>	6,10	1	6,10	5,19	*	4,60	8,86
<b>AxB</b>	29,12	1	39,12	33,27	**	4,60	8,86
<b>AxC</b>	36,85	1	36,85	31,34	**	4,60	8,86
<b>BxC</b>	15,23	1	15,23	12,96	*	4,60	8,86
<b>AxBxC</b>	8,12	1	8,12	6,91	*	4,60	8,86
<b>Error</b>	16,46	14	1,18				

ns no significativo  
 \* significativo  
 \*\* altamente significativo

El análisis funcional de los valores de humedad registrados en los tratamientos, mediante la prueba de Tukey ( $\alpha < 0.05$ ), determinó el orden de los rangos, donde d y e corresponden a los mejores tratamientos, es decir los de mayor pérdida de humedad (tabla 18).

**Tabla 18.** Tabla de Tukey al 5% de la reducción de humedad

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	
<b>T2</b>	9,76	a	
<b>T1</b>	12,82	a	b
<b>T4</b>	13,65	b	
<b>T3</b>	17,57	c	
<b>T5</b>	23,85	d	
<b>T8</b>	24,53	d	
<b>T7</b>	25,82	d	e
<b>T6</b>	28,08	e	

Según la prueba de Tukey, se observa rangos diferentes entre cada tratamiento, registrando diferencias estadísticas. Los tratamientos T5 (40% sacarosa, 0%CaCl, 40°C), T6 (40% sacarosa, 0%CaCl, 55°C), T7 (40% sacarosa, 3%CaCl, 40°C) y T8 (40% sacarosa, 0%CaCl, 55°C), resultaron tener los rangos semejantes entre ellos.

Se observa que los tratamientos con la concentración de sacarosa al 40%, que es el factor en común, la reducción de humedad es mayor en comparación a los tratamientos que tienen 20% de sacarosa.

El análisis funcional a los valores de pérdida de humedad de los factores A (concentración de sacarosa), B (concentración de cloruro de calcio) y C (temperatura de la solución osmótica), mediante la prueba de Diferencia Media Significativa (DMS) ( $\alpha < 0.05$ ), determinó el orden de los rangos, donde los valores mayores corresponden al nivel del factor de mayor pérdida de humedad de las zanahorias blancas.

Como se indica en la tabla 19 la prueba DMS ( $\alpha < 0.05$ ) para el factor A (concentración de sacarosa) muestra dos rangos en cada nivel, encontrando que el nivel más alto corresponde a A2 (40%) en donde el valor de la pérdida de humedad es mayor (%H=25,57).

**Tabla 19.** Prueba de DMS sobre el factor A

<b>Factor A</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	13,45	a
<b>A2</b>	25,57	b

Sharma, 2003 (citado en Arreola y Rosas, 2007) menciona que la sacarosa debido a su eficacia, conveniencia y sabor agradable es uno de los mejores agentes osmóticos. En una investigación realizada por Rodríguez, Granada, y Cruz (2014), mencionan que la sacarosa, empleada como agente osmótico convencional, presenta mayor capacidad osmodeshidratante, los autores Miranda y Otáñez, 2003 (citado en Martínez Barrera, 2012) coinciden con ello, mencionando que la eliminación de agua del alimento que realiza la sacarosa es rápida al principio pues el sistema trata de equilibrar la concentración de solutos dentro y fuera de la membrana celular, esto puede atribuirse a que la sacarosa es el material con mayor peso molecular y origina mayor gradiente de concentración que resulta mayor pérdida de agua por parte del sólido y es mayor aun este efecto cuando se aumenta la concentración en la solución osmótica. Los resultados obtenidos se asemejan a lo dicho, ya que en la tabla 20 se

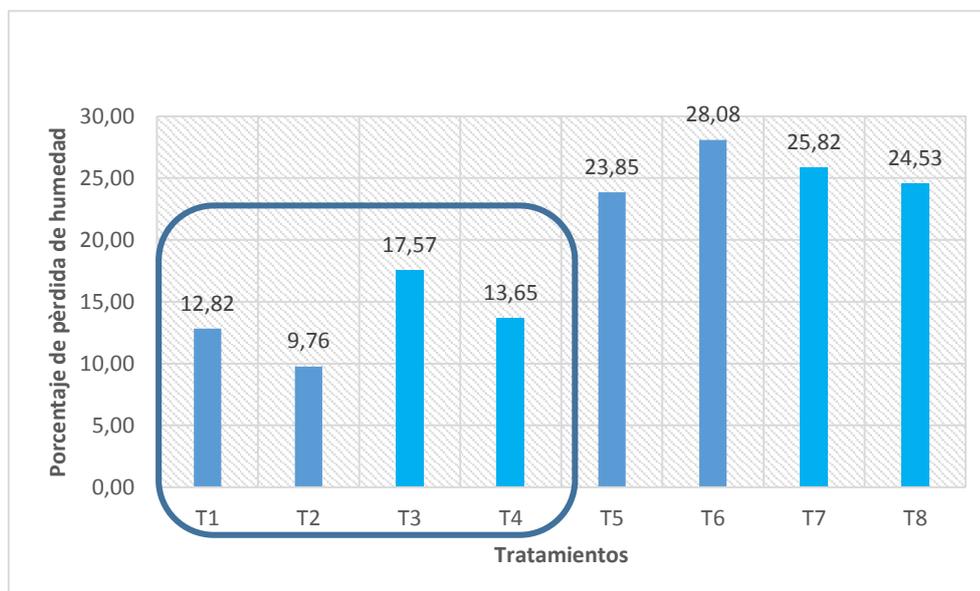
puede observar que a una mayor concentración de sacarosa se obtuvo una mayor pérdida de agua de la zanahoria blanca.

Al realizar la prueba de DMS ( $\alpha < 0.05$ ) para el factor B (concentración de cloruro de calcio) se observa en la tabla 20 dos rangos diferentes, evidenciando que al aumentar la concentración se incrementa la pérdida de agua de la zanahoria blanca, observándose B2 (%H=20,39) como el más alto.

**Tabla 20.** Prueba de DMS sobre el factor B

<b>Factor B</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B1</b>	18,63	a
<b>B2</b>	20,39	b

Heng, Guilbert y Cuq (1990), al realizar un estudio de deshidratación osmótica en soluciones de azúcar y con la adición de cloruro de calcio, observaron que dicha adición aumentó la eficiencia del proceso, sin embargo, Barrera, Betoret y Fito observaron que, al añadir iones de calcio a la solución osmótica de sacarosa, no afectó significativamente la cinética de DO (citado en Shigematsu, Eik, Kimura, Mauro, 2005).



**Figura 18.** Pérdida de humedad (%)

Shigematsu et al., (2005) llegaron a la conclusión de que añadir cloruro de calcio a la solución reduce el ingreso de la sacarosa al interior del alimento, es decir, ayuda

a que el alimento no absorba tanto el sabor dulce característico de la sacarosa, sin embargo, presenta un leve incremento en reducción de agua del alimento. En la ilustración 18 se puede observar que los tratamientos T3, T4, que tienen las mismas características que T1 y T2 pero con un 3% de CaCl, existe una mayor pérdida de agua. El autor Schwartz, 1999 (citado en Espinoza, Landeta, Méndez, y Nuñez, 2006) menciona que la adición de sales de calcio a la solución osmótica aumenta ligeramente la pérdida de agua en el alimento y disminuye la ganancia de soluto, ya que atribuye a una asociación de calcio (que penetra en el alimento) con pectinas de las paredes celulares, con lo que se fortalece la textura y se crea un enlace tipo “unión cruzada” capaz de aumentar la difusión de azúcares hacia el alimento debido a su tortuosidad y de la viscosidad local. En el caso de la zanahoria blanca con la adición de 3% de cloruro de calcio a la solución de sacarosa, también se observó comportamiento similar, ya que los tratamientos que incluyen este agente osmótico presentaron significancia como lo muestra la tabla 20, por lo tanto, un ligero aumento en la pérdida de humedad.

En la tabla 21 tenemos la prueba DMS ( $\alpha < 0.05$ ) para el factor C (temperatura de la solución osmótica) en donde se observa un solo rango para los dos factores, lo que indica que el cambio de temperatura en la solución osmótica no influye significativamente en la pérdida de humedad de la zanahoria blanca.

**Tabla 21.** Prueba de DMS sobre el factor C

<b>Factor C</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C2</b>	19,01	a
<b>C1</b>	20,02	a

Barbosa (citado en Santillán Brito, 2004) menciona que la temperatura y concentración de la solución osmótica afectan la velocidad de pérdida de agua del producto, así mismo los autores Torres Celis, Salvador Rodríguez, Baltazar Flores y Siche (2013) mencionan que tanto la pérdida de agua, como la ganancia de sólidos son proporcionales a la concentración de la solución, la temperatura, el tiempo de inmersión. Panadés et al., (citado en Zapata Montoyal y Castro Quintero, 1999) comprobó que la temperatura influyen significativamente en la pérdida de peso y

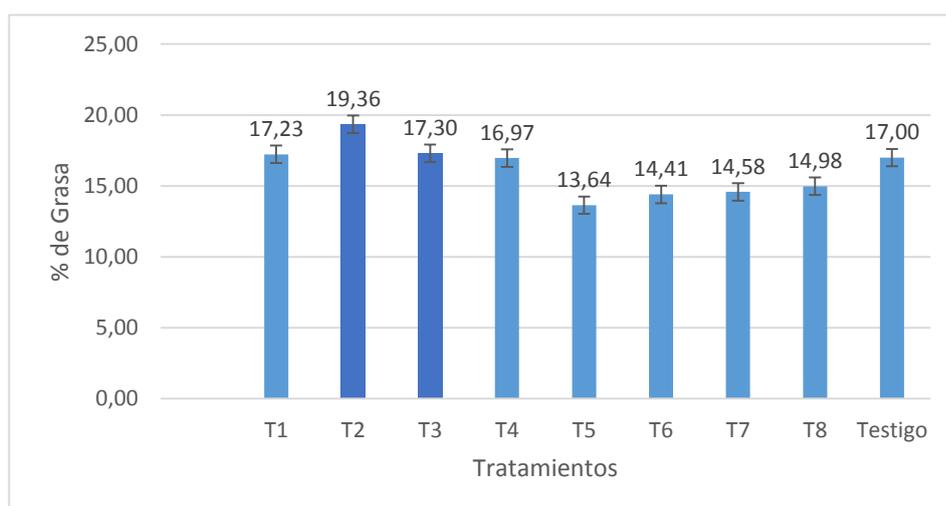
pérdida de agua debido a los cambios que provoca sobre la membrana celular y en la fluidez de la solución, pero no en la ganancia de sólidos solubles del alimento.

Sin embargo, según la prueba de DMS demuestra que el aumento de temperatura de la solución osmótica no tuvo significancia en la pérdida de humedad de la zanahoria blanca. Es posible que en los resultados obtenidos no exista significancia porque los rangos de temperaturas estudiadas fueron muy cercanas para que se cumpla con las investigaciones de los autores mencionados, por lo que se recomendaría estudiar con rangos más altos a los planteados en esta investigación.

#### **4.2.2. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE EL CONTENIDO DE GRASA POSTERIOR A LA FRITURA EN PRODUCTO FINAL**

Una vez culminado la deshidratación osmótica de los tratamientos de zanahoria blanca, se procedió a realizar la fritura a una temperatura de 180°C por 2 minutos, para posteriormente analizar su porcentaje de extracto etéreo o grasa final.

En la ilustración 19 se indican los valores promedios del porcentaje de grasa de los tratamientos en estudio en los cuales se observa que los tratamientos T2 y T3 son los que más alto contenido de grasa obtuvieron, criterio según el cual se descartaron en la continuidad de la investigación.



**Figura 19.** Datos experimentales del % Grasa

El análisis de varianza indica alta significancia para los factores A, B, C, testigo y su interacción. Esto demuestra que los factores en estudio de la deshidratación osmótica influyen significativamente en el porcentaje final de la fritura de la zanahoria blanca.

**Tabla 22.** Análisis de varianza del %Grasa

FV	SC	GL	CM	F. cal		F. tab	
						5%	1%
<b>Total</b>	82,14	26					
<b>Repetición</b>	0,01	2	0,005	0,68	ns	3,63	6,23
<b>Tratamiento</b>	82,00	8	10,25	1337,35	**	2,59	3,89
<b>A</b>	65,87	1	65,87	8593,69	**	4,49	8,53
<b>B</b>	0,24	1	0,24	31,84	**	4,49	8,53
<b>C</b>	3,29	1	3,29	428,66	**	4,49	8,53
<b>AxB</b>	5,47	1	5,47	713,93	ns	4,49	8,53
<b>AxC</b>	0,15	1	0,15	20,04	**	4,49	8,53
<b>BxC</b>	2,98	1	2,98	389,07	**	4,49	8,53
<b>AxBxC</b>	1,63	1	1,63	213,03	**	4,49	8,53
<b>Tgo vs R</b>	2,35	1	2,35	307,14	**		
<b>Error</b>	0,12	16	0,008				

ns no significativo  
 \* significativo  
 \*\* altamente significativo

Al existir significancia, se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 23.** Tabla de Tukey al 5% del %Grasa

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>		
<b>T5</b>	13,64	a		
<b>T6</b>	14,41	b		
<b>T7</b>	14,58	b		
<b>T8</b>	14,98	c		
<b>T4</b>	16,97	d		
<b>Testigo</b>	17,00	d	e	
<b>T1</b>	17,23		e	f
<b>T3</b>	17,30			f
<b>T2</b>	19,36			g

En el proceso de fritura el calor es transferido del aceite al alimento y sirve para evaporar el agua del alimento, pasando al aceite como burbujas de vapor, además de penetrar en el alimento (Tirado, Acevedo, y Guzman, 2012). Los autores Berry, Sehgal y Kalra (citado en Villada, Villada, y Mosquera, 2009) mencionan que el espacio libre que deja el agua en un alimento es ocupado por el aceite. La cantidad de aceite absorbido por un alimento depende en gran medida de su humedad. Por lo tanto al reducir la cantidad de agua de la zanahoria blanca en la deshidratación osmótica se esperó que la cantidad de aceite que remplazó a la humedad interior de esta fuera menor por lo que el % de grasa en el producto es inferior en comparación a un snack que no tuvo este tratamiento.

La tabla 23 confirma que los tratamientos que se obtuvo una mayor pérdida de humedad que fueron T5, T6, T7 y T8 de los que se esperó que contengan un porcentaje de grasa inferior, lo cual así se cumplió al ser los 4 tratamientos con menor contenido de grasa.

Sin embargo, en la tabla de Tukey de la reducción de humedad (18) indicó que el tratamiento que obtuvo una mayor pérdida de agua es el T6 con una reducción del 28,08% por lo que se esperaría que este sea el que obtenga menor contenido de grasa, pero en este caso el T5 fue el que obtuvo un 13,64% de grasa con una pérdida

menor de agua de 23,85% en comparación con el T6, este fenómeno es explicado según los autores Nonaka, Sayre, y Weaver (citado en Guzmán, Acevedo, y Granados, 2012) y Andersson, Gekas, Lind, Oliveira y Öste (citado en Lucas, Quintero, Vasco Leal, y Cuellar Nuñez, 2011) porque el almidón requiere de la presencia de agua para su gelatinización porque a mayor contenido de humedad habrá un mayor grado de gelatinización del almidón superficial, limitando la absorción de grasa interna en el producto. Es decir, mediante la fritura el alimento se sella ante el contacto con el aceite, gracias a que el almidón se gelatiniza (Lucas, Quintero, Vasco Leal, y Cuellar Nuñez, 2011), durante este proceso el almidón sufre cambios estructurales ya que a medida que la temperatura aumenta, los granulos de almidón colapsan hasta que finalmente la parte amorfa (amilosa) queda totalmente solubilizada, mientras que la cristalina se mantiene acuosa, es decir se reorganizan y mediante esta conformación se promueve la formación de un gel que funciona como barrera protectora contra la entrada del aceite a nivel de fritura (Lucas, Quintero, Vasco Leal, y Cuellar Nuñez, 2011). Con esto se puede explicar el alto contenido de grasa en los productos de baja humedad.

Otro punto importante en la absorción de grasa es la conducción de calor y la capilaridad, ya que se conoce que en el proceso de fritura el aceite proporciona calor a la superficie externa del alimento por convección, luego la diferencia de temperatura interna entre el alimento y el aceite desencadena un proceso simultáneo de transferencia de calor y de materia, el cual sirve para evaporar el agua del alimento, penetrando el aceite como burbujas de vapor en el alimento (Tirado, Acevedo, y Guzman, 2012) mediante conducción en el interior del alimento. Moreira et al., (2009) (citado en Rodríguez-Manrique, et al., 2016) menciona que a medida que se presenta dicha evaporación del agua, el ingreso del aceite se da por la capilaridad, ya que por la pérdida de humedad se crean poros en el producto generando un espacio destinado para la entrada de aceite. Kassama y Ngadi (2005) (citado en González-Flórez, 2014) mencionan que cuando hay un alto contenido de agua, está fluye en el medio poroso debido a las fuerzas capilares hasta el frente de la evaporación, por esta razón la formación de estos capilares controla la absorción del aceite. Yamsaengsung y Moreira (2002) expresan que dicha porosidad juega un

papel muy importante ya que el aceite se adhiere a la superficie mientras las presiones internas impiden la penetración en la estructura del producto (Pedreschi et al. 2008) y se absorbe en los poros sólo cuando el producto sale del aceite y se enfría (Mai Tran et al. 2007) (citado en González-Flórez, 2014), es decir, cuanta más humedad tenga un alimento, los poros formados debido a la capilaridad serán mayores, los cuales serán ocupados por el aceite aumentando la absorción en el alimento. Con esto se puede mencionar que, al reducir el contenido de humedad de las rebanadas de zanahoria blanca en la deshidratación osmótica, los poros que se formaron por consecuencia de la capilaridad en la conducción del calor disminuyó, es decir, al haber menos poros la entrada de aceite fue menor obteniendo una baja absorción de grasa en las hojuelas.

### **4.3. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS**

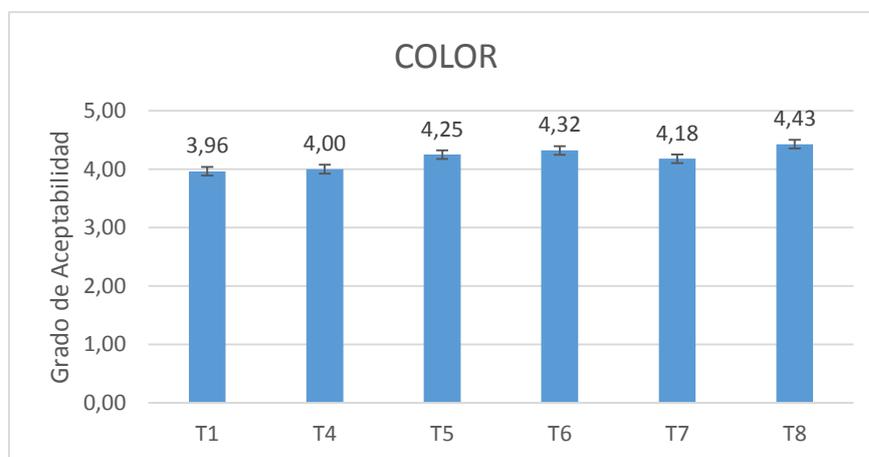
#### **4.3.1. ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL**

Esta evaluación se llevó a cabo con la colaboración de un panel degustador de 28 personas, quienes registraron su percepción de los seis mejores tratamientos (T1, T4, T5, T6, T7 y T8) en atributos de color, olor, sabor y textura en la ficha de evaluación sensorial (Anexo 1). Los resultados se analizaron a través de la prueba no paramétrica de Friedman al 5% en una escala de cinco niveles (muy agradable, agradable, es indiferente, desagradable y muy desagradable). Las puntuaciones promedio para cada atributo se ilustran a continuación.

##### **4.3.1.1. Atributo del Color**

El color se ve afectado por las condiciones del proceso de fritura, principalmente tiempo, temperatura y tipo de aceite, así como por las características del producto como son el tamaño, variedad o las condiciones de almacenamiento previas (Tirado, Acevedo, y Guzman, 2012), así como los agentes osmóticos utilizados que tienen como ventaja reducir el oscurecimiento del alimento (González Aguilar y Alvarez Parrilla, 2009).

La ilustración 20 indica la puntuación promedio otorgada al color de las muestras de las hojuelas fritas de zanahoria blanca en los seis mejores tratamientos. La prueba de Friedman al 5% muestra diferencia estadísticamente significativa, lo cual permite afirmar que los tratamientos no son iguales. El color de las muestras de las frituras de zanahoria blanca tiene puntuaciones más altas para los tratamientos T8, T6 y T5 que por lo tanto indica que los degustadores prefieren un color amarillo claro de las frituras, ya que el color dorado es característico y un atributo muy significativo de la calidad de un producto frito y determinante en la aceptación de este (Bravo, 2008; Kroida et al., 2000; Shain, 2000 citado en Tirado, Acevedo, y Guzman, 2012).



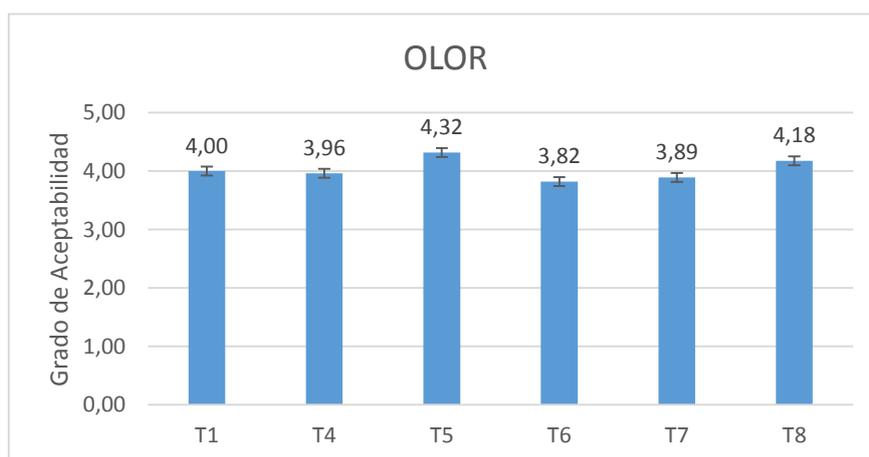
**Figura 20.** Puntuación para el atributo de color de frituras de zanahoria blanca

#### 4.3.1.2. Atributo del Olor

Al introducir un alimento en aceite caliente para freírlo, tienen una serie de procesos y reacciones que producen cambios importantes en el producto, entre ellos está la apariencia externa (los alimentos tienen un color dorado uniforme y brillante), potencia y matiza sabores y aromas (debido al desarrollo de nuevos compuestos después de someterse el alimento a altas temperaturas) y afecta a la textura volviendo un alimento más crujiente y más agradable por su textura y sonido al ser mordidos (Tirado, Acevedo, y Guzman, 2012).

La ilustración 21 muestra las puntuaciones otorgadas por los degustadores para el atributo de olor, en el que se puede observar que el panel degustador dio a conocer sus preferencias por el T5, expresado que es el tratamiento que más se acerca a un

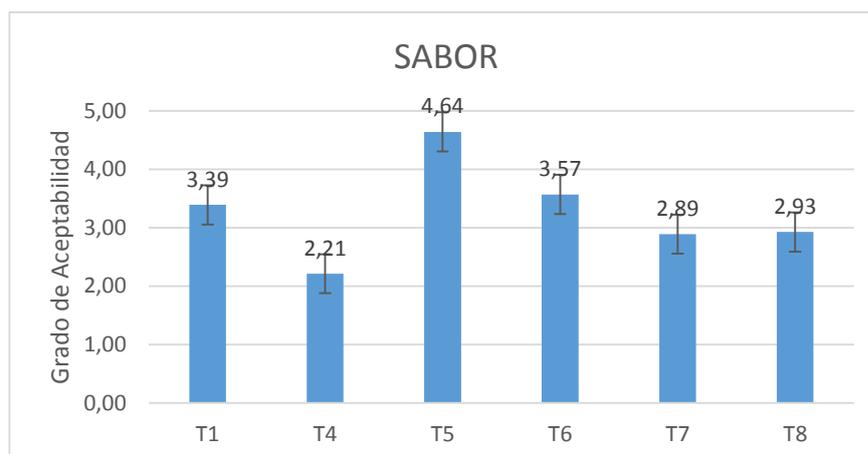
olor dulce agradable al sentido del olfato, el cual fue aportado por la sacarosa en la deshidratación osmótica, ya que al salir agua del alimento, ingresa las partículas de sacarosa al alimento; caso contrario que el T6 fue calificado con una puntuación menor al resto, debido a que, en las observaciones de los degustadores, indicaron que este tratamiento tenía aromas ajenos a la fritura.



**Figura 21.** Puntuación para el atributo de olor de frituras de zanahoria blanca

#### 4.3.1.3. Atributo del Sabor

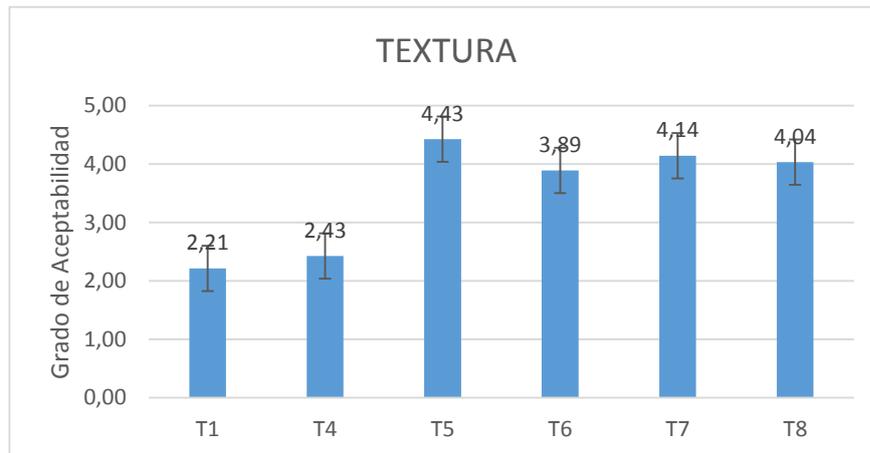
La ilustración 22 muestra la calificación para el sabor, en donde el T5 destaca sobre el resto de tratamientos, ya que los comentarios de los panelistas supieron manifestar que este tratamiento era el más agradable al gusto, ya que presentó un sabor dulce agradable. El tratamiento T4 obtuvo la menor puntuación, mostrando un sabor desagradable, al igual que T7 y T8 en algunos panelistas pudieron sentir un sabor amargo. Esto se pudo deber a la concentración de cloruro de calcio que se empleó en dichos tratamientos.



**Figura 22.** Puntuación para el atributo de sabor de frituras de zanahoria blanca

#### 4.3.1.4. Atributo de la Textura

Raoult-Wack (citado en Sanjinez, Branco, Takito, y Corbari, 2010) menciona que la migración del soluto de la solución de sacarosa para el alimento favorece a la impregnación de sustancias que puede aumentar la conservación de los atributos de calidad. Por otro lado, la utilización de sales de calcio muestra eficacia en la conservación de la textura del alimento, proporcionando mayor estabilidad de las pectinas, proteínas, ligninas y componentes estructurales de carbohidratos (Luna-Guzmán; Barret, 2000; Suutarinen et al., 2000; citado en Sanjinez, Branco, Takito, Corbari, 2010). Por lo tanto al utilizar la sacarosa y el cloruro de calcio como agentes osmóticos que ayudan favorablemente en la textura de la hojuela se espero una buena textura crocante de las muestras de cada tratamiento, sin embargo los tratamientos T1 y T4 recibieron las puntuaciones más bajas, debido a que en las observaciones del grupo panelista mencionaron que estos tenían una textura suave, mientras los tratamientos T5, T6, T7 y T8 recibieron buenas puntuaciones, ya que presentaban una textura crocante típico de un snack.

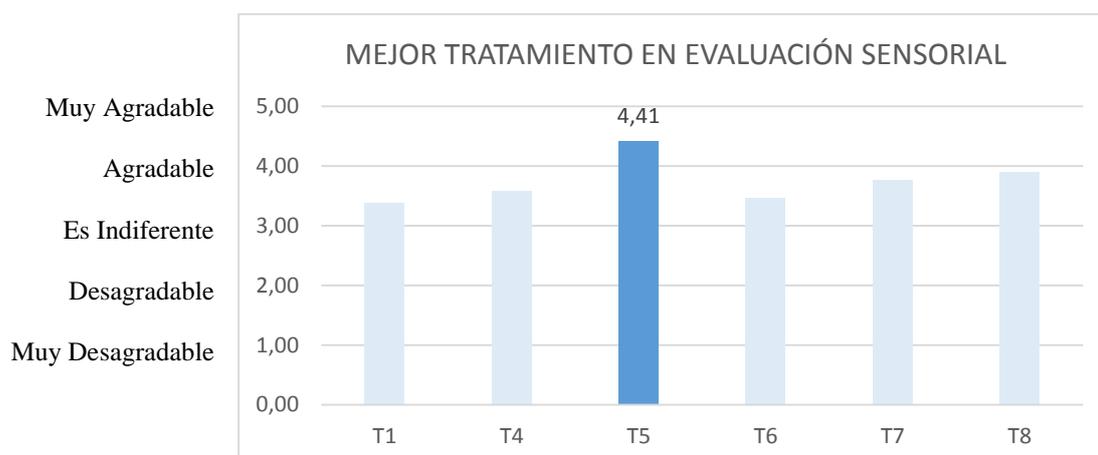


**Figura 23.** Puntuación para el atributo de textura de frituras de zanahoria blanca

En las características de sabor y textura fue en donde mayor significancia hubo frente a los gustos de los panelistas, ya que T4, T7 y T8 en cuanto al sabor recibieron el puntaje más bajo, esto se pudo deber a que estos tratamientos tienen en común el 3% de cloruro de calcio, en el que según los autores si se excede en la concentración puede afectar al sabor aportando amargura al alimento, por lo que en futuras investigaciones se recomendaría estudiar con un rango inferior al establecido; en cuanto a la textura T1 y T4 fueron los que menor calificación recibieron, esto se pudo deber que dichos tratamientos obtuvieron menor pérdida de agua la cual en la fritura pudo haberse quedado atrapada en el centro del alimento debido a la formación de una superficie protectora entre el alimento y el aceite, limitando la salida del agua interna del alimento, lo cual repercute en el cambio de la textura y ocasiona una textura suave a las hojuelas (Lucas J. C., Quintero, Vasco Leal, y Cuellar, 2011).

#### **4.3.1.5. Mejor Tratamiento**

El tratamiento que tuvo una mejor acogida hacia los panelistas en todos los atributos de olor, color, sabor y textura fue el T5 (40% de sacarosa, 0% de cloruro de calcio, 40°C) como indica la ilustración 24, en donde se distingue que obtuvo una media de 4,41 es decir, en una calificación entre agradable a muy agradable.



**Figura 24.** Mejor tratamiento de hojuelas fritas de zanahoria blanca en la evaluación sensorial

### 4.3.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL

Se realizó el análisis físico-químico a los seis tratamientos de hojuelas fritas de zanahoria blanca para conocer su contenido final en los parámetros descritos a continuación en la tabla 24.

**Tabla 24.** Análisis físico-químico de las hojuelas fritas de zanahoria blanca

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados							Método de ensayo
		ZB	T5	T7	T8	T1	T4	T6	
Humedad	%	73,88	2,10	1,87	1,80	2,02	1,56	1,85	AOAC 925.10
Cenizas	%	1,17	2,78	3,22	3,80	1,56	2,73	2,86	AOAC 923.03
Proteína	%	6,00	6,20	6,80	6,85	6,26	6,64	6,72	AOAC 920.87
Extracto Etéreo	%	1,20	13,70	14,58	15,10	17,17	16,96	14,45	AOAC 920.85
Fibra	%	4,30	4,80	5,64	6,48	3,89	5,22	4,67	AOAC 978.10
Almidón	%	18,30	62,40	63,20	63,00	62,88	62,70	61,07	Fehling
Calcio	%	0,16	0,18	0,21	0,24	0,17	0,21	0,18	Espectrofotometría de absorción atómica
Magnesio	%	0,08	0,09	0,10	0,12	0,09	0,07	0,10	
Hierro	mg/100 g	15,00	17,06	19,66	22,60	16,60	22,01	18,93	

Recuento estándar en placa		<10	<10	<10	<10	<10	<10	NTE INEN 1529-5
Recuento de E. coli	UFC/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10	NTE INEN 1529-7
Recuento de mohos		<10	<10	<10	<10	<10	<10	NTE INEN 1529-10

Según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 561:2010 de bocaditos de productos vegetales establece los requisitos que deben cumplir los bocaditos elaborados a partir de cereales, leguminosas, tubérculos o raíces tuberosas, semilla, fruta horneados o fritos listos para consumo, la cual define como hojuelas fritas a los productos que se obtienen de un proceso de fritura de las hojuelas con aceites comestibles a altas temperaturas.

De acuerdo a los requisitos de porcentaje de humedad en las hojuelas la norma NTE INEN 2 561:2010 establece que el máximo es de 5%, valor que cumplen los tratamientos, siendo el mínimo porcentaje de 2,10% de humedad en el tratamiento T5. Así mismo en la norma se establece como máximo 40% de grasa; la presente investigación tuvo como objetivo reducir el contenido de grasa de las hojuelas fritas de zanahoria blanca, el cual se logró reducir al 13,70% de grasa que corresponde al T5.

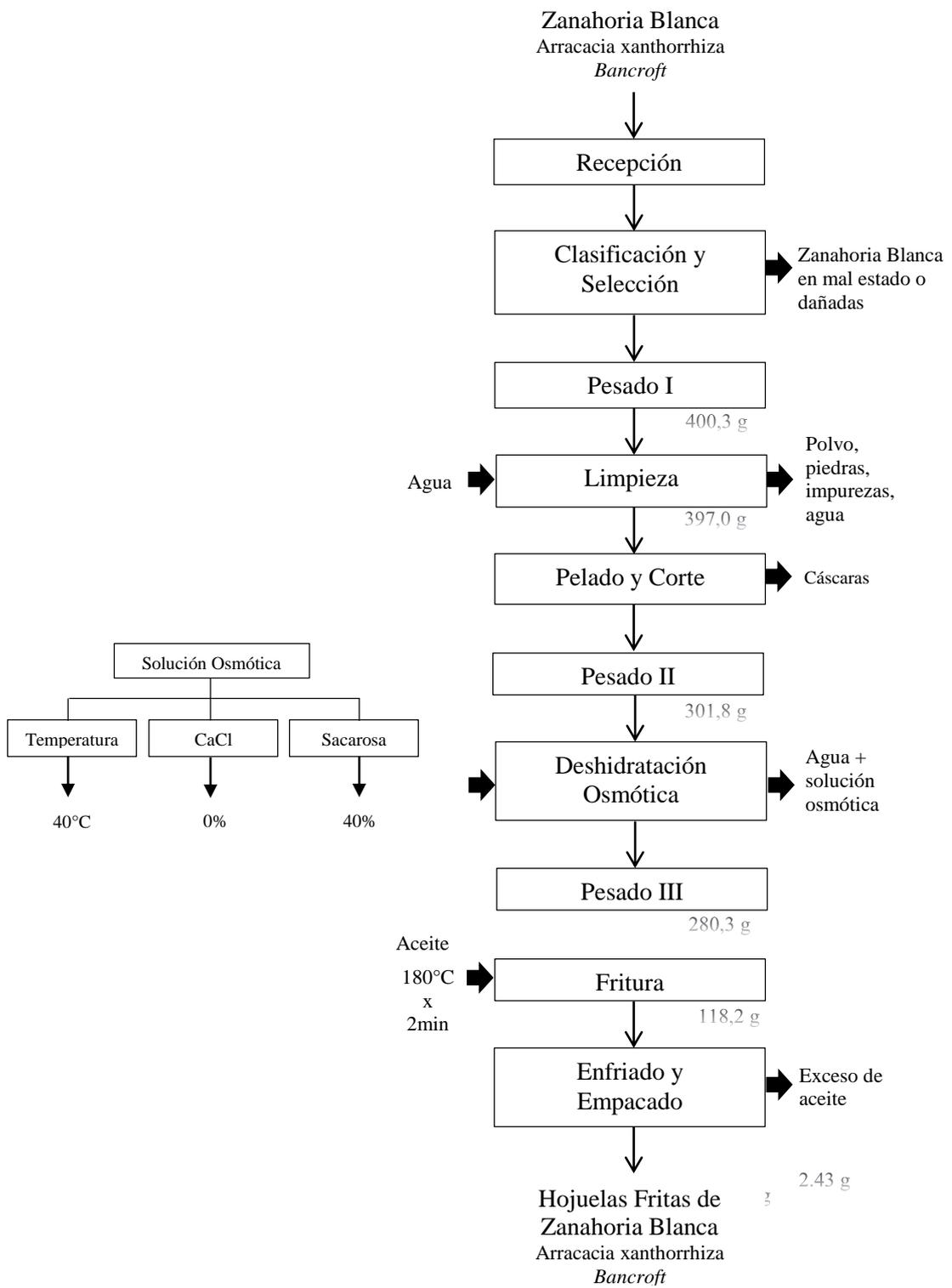
En cuanto a los análisis microbiológicos a los tratamientos de las hojuelas fritas de zanahoria blanca se pudo observar la presencia de <10 UFC/g tanto para recuento estándar en placa, recuento de E. coli y recuento de mohos. La NTE INEN 2 561:2010 especifica que los snacks pueden contener un máximo de  $10^3$  UFC/g para recuento estándar en placa, 10UFC/g de mohos y <10 UFC/g de E. coli, por lo que se puede mencionar que las hojuelas fritas cumplen con los requisitos microbiológicos de acuerdo a la normativa ecuatoriana.

La tabla 24 indica los porcentajes de cada parámetro analizado a las hojuelas fritas de zanahoria blanca, en donde se destaca el tratamiento 5, que fue el de menor porcentaje de grasa, así como también fue el mejor tratamiento según el análisis

sensorial realizado, en el que se puede destacar que tiene un 6,20% de proteína, 4,80% de fibra y su composición de minerales (Ca 0,18%, Mg 0,09%, Fe 17,06mg) no cambia significativamente con respecto a la zanahoria blanca fresca, debido a que después del proceso de fritura de alimentos, el contenido de proteínas, y minerales se retienen prácticamente, es decir, este proceso es menos agresivo para el valor nutritivo de los alimentos (asturnatura, 2004), Bravo (2008) menciona que las altas temperaturas utilizadas en el proceso de fritura, contribuyen a que la costra se forme más rápidamente y esto impide en gran parte la migración de nutrientes desde el interior del alimento hacia el aceite. El parámetro analizado que sufre un cambio con respecto al contenido fresco de la zanahoria blanca es el almidón, el cual aumentó su contenido a 62,40%, esto se pudo deber a que en la fritura el almidón sufre cambios estructurales no reversibles como la absorción de agua, hinchazón del grano, fusión de la parte cristalina y aumento en viscosidad y solubilidad del gránulo (Lucas J. C., Quintero, Vasco Leal, y Cuellar Nuñez, 2011), es decir se origina un aumento en el contenido de amilosa al separarse de la estructura de amilopectina (Olguín, G et al., 2015), esto de igual manera afirman Marchant y Blanshard (1978) quienes mencionan que al gelatinizarse el almidón se produce una expansión del granulo (Pineda-Gómez, Coral, Arciniegas, Rorales-Rivera, y Rodríguez-García, 2010), y de igual manera hay una mayor concentración debido a la pérdida de agua en la deshidratación osmótica y en la fritura; lo cual puede explicar el aumento del contenido de almidón en el producto final. Por lo tanto, se podría mencionar que las hojuelas fritas de zanahoria blanca con bajo contenido de grasa y con una buena composición nutricional, es un producto que podría tener buena acogida y por lo tanto aceptabilidad hacia los consumidores de snacks.

#### **4.3.4. BALANCE DE MATERIA PARA T5**

La ilustración 25 indica el balance de materia para el tratamiento 5 ya que fue el que destaco por su menor porcentaje de grasa y de igual manera fue el mejor tratamiento en el análisis sensorial.



**Figura 25.** Diagrama de Balance de Materiales

Con los datos obtenidos en el balance de materia se calculó la medición de transferencia de masa en donde se obtuvo la pérdida de agua al tiempo (PA), la ganancia de sólidos (GS) y la efectividad que hubo durante la deshidratación osmótica, según como se muestra en el anexo 6.

$$PA = 26,49\%$$

$$GS = 19,37\%$$

$$\frac{PA}{GS} = \frac{26,49}{19,37} = 1,37$$

Lo cual indica que se obtuvo una pérdida de agua del 26,49%, una ganancia de sólidos del 19,37% y una relación pérdida de agua/ganancia de sólidos de 1,37 que, por ser mayor que uno (como menciona Colina Irezabal, 2010), se encuentra dentro de los valores adecuados de efectividad del tratamiento osmótico.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Después de realizar la fase experimental se llegó a las siguientes conclusiones:

- Al realizar los análisis físico-químicos de la zanahoria blanca se determinó la composición que permitió clasificarla como una raíz con alto contenido de humedad (73,88%), y buen contenido de almidón (18,30%). Además, se evidenció que es una fuente de proteína (6,00%) y de minerales como hierro, calcio, magnesio y un bajo contenido de extracto etéreo (1,20%), siendo un alimento que aporta favorablemente en la salud del consumidor.
- Una vez culminada la deshidratación osmótica (DO) de las zanahorias blancas, se evidenció que la pérdida de humedad durante el proceso presentó varios períodos, ocurriendo en la primera hora una alta velocidad de salida de agua del alimento, seguido por una disminución progresiva hasta finalmente alcanzar una humedad constante a las seis horas de tratamiento.
- La concentración de la sacarosa utilizada como agente osmótico en esta investigación influyó directamente sobre la transferencia de masa durante la deshidratación, ya que su aumento favoreció la reducción de la humedad de

la zanahoria blanca. El mejor tratamiento de deshidratación osmótico fue T6 con 40% de sacarosa, 0% de cloruro de calcio y 55°C, obteniendo una menor humedad (28,08%).

- De acuerdo con los resultados experimentales obtenidos de las hojuelas osmodeshidratadas sometidas a fritura, hubo una diferencia directa altamente significativa en comparación con el testigo sin tratamiento que tuvo 17% de grasa, siendo el mejor tratamiento el T5, ya que obtuvo un 13,64% de grasa.
- A pesar de que la humedad del producto obtenido por el T5 fue mayor a la del T6 (el mejor en este aspecto), se obtuvo un menor contenido de grasa con el T5, lo cual se debió a que en la fritura, el almidón se gelatiniza en presencia de un mayor contenido de humedad y desarrolla una capa protectora, la cual interfiere en el ingreso de aceite al alimento.
- Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de las hojuelas fritas de zanahoria blanca indicaron la preferencia y mayor aceptabilidad del panel degustador hacia el T5 (40% de sacarosa, 0% de cloruro de calcio, 40°C), debido a que, al utilizar mayor concentración de sacarosa, esta aportó un sabor y olor dulzor al producto, y ayudó en el color del mismo, ya que tiene la ventaja de reducir el oscurecimiento del alimento.
- Los resultados de los análisis físico-químico y microbiológicos del producto final cumplieron con los requisitos mínimos de acuerdo a la normativa ecuatoriana NTE INEN 2 561:2010.
- Las condiciones de fritura aplicadas en la investigación conservaron el contenido de proteínas, fibra y minerales en las hojuelas fritas de zanahoria blanca con respecto al contenido de la raíz fresca, siendo el almidón el único parámetro que tuvo un aumento en la concentración debido a los cambios de pérdida de humedad tanto en la deshidratación osmótica como en la fritura.

- Se acepta la Hipótesis Alternativa planteada al inicio de esta investigación, es decir, la deshidratación osmótica influye en la absorción de grasa durante el proceso de fritura de la zanahoria blanca.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Finalmente se emitieron las siguientes recomendaciones:

- Para posteriores estudios y experimentos se recomienda utilizar otros agentes osmóticos que aceleren la velocidad de transferencia de masa y pérdida de agua del alimento, así como analizar el efecto de la agitación constante, para reducir el tiempo de deshidratación.
- Se recomienda estudiar rangos más extensos de temperatura de deshidratación osmótica a los planteados en la presente investigación, ya que se conoce que este factor puede generar mejores resultados.
- Otro aspecto importante que tomar en cuenta es investigar la transición de fase del almidón para saber el comportamiento y los cambios que sufre en la fritura, como es la gelatinización, ya que tiene relación directa con la absorción de aceite en el producto.
- Para futuras investigaciones se recomienda estudiar la reutilización de los jarabes (solución osmótica) que queda al final de la deshidratación osmótica, ya que puede ser útil en la formulación de productos con alta concentración de sólidos como mermeladas u otros procesos como elaboración de néctares o jugos.
- Para posteriores investigaciones se recomienda estudiar acerca del contenido de acrilamidas en el producto final, ya que en el proceso de fritura ocurren cambios indeseables como la formación de este compuesto que tiene una relación con el aumento del riesgo de enfermedades crónicas.

- Se recomienda estudiar el empleo de la fritura al vacío, ya que se conoce que es una alternativa que ayuda a que el alimento no absorba mayor cantidad de aceite, además que ayuda a conservar mejor el color y sabor naturales de los alimentos por la baja temperatura y el bajo contenido de oxígeno, lo cual de igual manera permite también prolongar la vida útil del aceite.
- Para futuras investigaciones se recomienda evaluar el efecto del índice de madurez de la zanahoria blanca sobre la deshidratación osmótica, ya que puede ser un factor importante con respecto al contenido de sólidos solubles que tenga el alimento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alimentos, C. C. (2002). *Consecuencias para la salud de acrilamida en los alimentos : informe de la consulta conjunta de FAO/OMS, Sede Central de la OMS, Ginebra, Suiza, 25-27 de junio de 2002*. Obtenido de World Health Organization/Institucional Repository for Information Sharing: <http://www.who.int/iris/handle/10665/42635>
- Arreola, S., & Rosas, M. (2007). *Aplicación de Vacío en la Deshidratación Osmótica de Higos (ficus carica)*. Obtenido de ScieLo: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v18n2/art06.pdf>
- asturnatura. (2004). *Efectos del procesamiento en el valor nutritivo de los alimentos*. Obtenido de [asturnatura.com](http://www.asturnatura.com): <https://www.asturnatura.com/articulos/nutricion/fundamentos-nutricion/efectos-procesamiento-alimentos.php>
- Barragán, R. (2012). *Métodos Estadísticos aplicados al Diseño de Experimentos*. Ibarra.
- Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2003). *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Obtenido de INIAP: <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Ra%C3%ADces%20y%20Tub%C3%A9rculos%20Alternativas%20para%20el%20uso%20sostenible%20en%20Ecuador.pdf>
- Benalcázar, B. (2011). *Determinación de las características físicas y químicas de la Zanahoria Blanca (arracacia xanthorrhiza bancroft) proveniente de la Zona de San José de Minas Provincia de Pichincha*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Bojaca, A., Cucaita, E., Rizzo, J., & Iragorri, L. (2010). *Propiedades del Almidón*. Obtenido de Blogger: <http://polisacaridos-almidones.blogspot.com/>
- Cajamarca, J., & Inga, J. (2012). *DETERMINACIÓN DE MACRONUTRIENTES DE LOS SNACKS MAS CONSUMIDOS POR ADOLESCENTES ESCOLARIZADOS DE LA CIUDAD DE CUENCA*. Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Cevallos Riofrío, J. P. (2013). *Diagnóstico de Clima Organizacional y Diseño de un Plan de Interventoría en la empresa Carlisnacks CIA. LTDA*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.
- CIENCIAHOY. (2001). *Las especies tuberosas andinas*. Obtenido de <http://www.cienciahoy.org/hoy42/ahipa3.htm>
- Cocio Pulgar, C. (2006). *Estudio de la Distribución del Aceite en rodajas de papa frita*. Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Chile.
- Colina Irezabal, M. L. (2010). *DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS*. Trillas.
- Coral, V. (2014). *Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos:*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.
- Coral, V., & Gallegos, R. (2015). *Determinación de los Principales Componentes Nutricionales de Harina de Maíz, Harina de Trigo Integral, Avena, Yuca,*

- Zanahoria Amarilla, Zanahoria Blanca y Chocho*. Obtenido de <http://infoanalitica-puce.edu.ec>: <http://infoanalitica-puce.edu.ec/index.php/infoanalitica/article/view/17/9>
- Della Rocca, P., & Mascheroni, R. (2010). *Modelos Empíricos de la Deshidratación Osmótica de papas*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Nacional, Ecuador.
- EKOS, E. p. (2015). *EKOS - El portal de negocios del Ecuador*. Obtenido de <http://www.ekosnegocios.com/empresas/resultados.aspx?ids=232>
- Espín, S., Brito, B., Villacrés, E., Rubio, A., Nieto, C., & Grijalva, J. (2001). *Composición Química, Valor Nutricional y Usos Potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos*. Obtenido de [repositorio.educacionsuperior.gob.ec](http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec): <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1045/1/T-SENESCYT-0230.pdf>
- Espinoza, A., Landeta, G., Méndez, J., & Nuñez, A. (2006). *Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (Prunus persica) en soluciones de sacarosa*. Obtenido de Fundación Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2252822>
- Estrella, E. (1988). *El pan de América. Ethnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador*. Obtenido de Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/884>
- Ghidurus, M., Turtoi, M., Boskou, G., Niculita, P., & Stan, V. (Noviembre de 2010). *Nutritional and health aspects related to frying*. Obtenido de [http://www.rombio.eu/rbl6vol15/1%20Review\\_Ghidurus.pdf](http://www.rombio.eu/rbl6vol15/1%20Review_Ghidurus.pdf)
- González Aguilar, G., & Alvarez Parrilla, E. (2009). *Aspectos nutricionales y sensoriales de vegetales frescos cortados*. Trillas.
- González-Flórez, A. E. (2014). *INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE Y LA TEMPERATURA EN LA TRANSFERENCIA DE CALOR Y DE MASA DURANTE EL FREÍDO POR INMERSIÓN Y LA TEXTURA DE TROZOS DE BATATA (Ipomoea Batatas Lam)*. Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba, Colombia.
- Guzmán, L., Acevedo, D., & Granados, C. (24 de Julio de 2012). *Efecto del escaldado, deshidratación osmótica y recubrimiento en la pérdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de papa criolla frita*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a20.pdf>
- Hc, E. (Agosto de 2015). *Guía Técnica para el cultivo de camote*. Obtenido de Documents.mx: <http://documents.mx/documents/guia-tecnica-para-el-cultivo-de-camote.html#>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. Obtenido de Food Science and Technology: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612008000300031](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000300031)
- Higuera Rosero, M., & Prado Argoti, R. (2013). *DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE*

- SNACKS A PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- INEN, I. E. (s.f.). *NTE INEN 1529-10: Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables*. Obtenido de Public.Resource.Org, Inc: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.10.1998.pdf>
- INIAP, I. N. (2009). Quito.
- Inversiones, I. d. (2015). *www.proecuador.gob.ec*. Obtenido de PRO ECUADOR: [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/02/PROEC\\_PPM2013\\_CHIPS\\_ESTADOSUNIDOS\\_I.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/02/PROEC_PPM2013_CHIPS_ESTADOSUNIDOS_I.pdf)
- Jiménez, F. (2005). *Características nutricionales de la arracacha (Arracacia Xanthorrhiza) y sus perspectivas en la alimentación*. Lima.
- López, G. (2018). *Alimentación y nutrición*. Obtenido de catarina.udlap.mx: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lda/lopez\\_g\\_m/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lda/lopez_g_m/capitulo1.pdf)
- Lucas, J. C., Quintero, V., Vasco Leal, J. F., & Cuellar, L. (2011). *EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DURANTE LA FRITURA DE REBANADAS DE PAPA CRIOLLA*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Lucas, J. C., Quintero, V., Vasco Leal, J., & Cuellar Nuñez, L. (2011). *EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DURANTE LA FRITURA DE REBANADAS DE PAPA CRIOLLA*. Obtenido de Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
- Maldonado, S., Santapaola, J., Singh, J., Torrez, M., & Garay, A. (2008). *Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (Smallanthus sonchifolius)*. Obtenido de Food Science and Technology, 28(1), 251-256.: <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000100036>
- Martínez Barrera, C. A. (2012). *Efecto de la concentración y temperatura en la deshidratación osmótica del tomate de árbol (Cyphomandra betacea)*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Maza, B., & Aguirre, Z. (Abril de 2002). *Diversidad de Tubérculos Andinos en el Ecuador*. Obtenido de <http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/10tubers.html>
- Mazón, N., Castillo, R., Hermann, M., & Espinosa, P. (Mayo de 1996). *La arracacha o zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) en Ecuador*. Obtenido de INIAP Estación Experimental Santa Catalina: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2696>
- Meza, G., Quispe, J., Rea, J., Terrazas, F., Torrico, A., Valdivia, R., & Velasco, E. (2001). *Metodología para caracterización y desarrollo de microcentrios de diversidad del manejo de germoplasma in situ*. Obtenido de <http://www.condesan.org/e-foros/insitu97/insitmet1.htm>
- Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G., & Valenzuela, R. (Octubre de 2015). *Absorción de aceite en alimentos fritos*. Obtenido de SciELO - Scientific Electronic Library Online: <http://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v43n1/art13.pdf>

- Normalización, I. E. (s.f.). *NTE INEN 2561: Bocaditos de productos vegetales. Requisitos*. Obtenido de Public.Resource.Org, Inc: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2561.2010.pdf>
- Nutrición, G. (2016). *Snacks - Composición y Valor Nutricional*. Obtenido de <http://www.guia-nutricion.com>: <http://www.guia-nutricion.com>
- Olguín, G., Amador, M., Quintanar, A., Díaz, F., Sánchez, I., Castañeda, A., . . . Santos, E. (2015). *CORRELACION DE ENTALPIAS DE GELATINIZACION CON LOS INDICES DE ABSORCION DE AGUA Y DE SOLIDOS SOLUBLES EN AGUA DE SEMOLAS, GRANILLOS Y HARINAS DE MAÍZ NIXTAMALIZADO*. Obtenido de Revista Mexicana de Ingeniería Química Vol. 14, No. 2 (2015) 303-310: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v14n2/v14n2a7.pdf>
- Pavón Unda, E. P. (2014). *Determinación de calcio, hierro, sodio y potasio en cinco variedades de fréjol: canario, bayo, blanco, rojo y negro, por espectrofotometría de absorción atómica de llama*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.
- Pineda-Gómez, P., Coral, D., Arciniegas, M., Rorales-Rivera, A., & Rodríguez-García, M. (2010). *Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido*. Tesis de pregrado, Universidad EAFIT, Colombia.
- PRO ECUADOR. (2015). *Chips en Estados Unidos*. Obtenido de Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones: [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/02/PROEC\\_PPM2013\\_CHIPS\\_ESTADOSUNIDOS\\_I.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/02/PROEC_PPM2013_CHIPS_ESTADOSUNIDOS_I.pdf)
- PUCE-SI, U. C. (2016). *Centro de Monitoreo de la Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra*. Obtenido de <http://pucesi.edu.ec/index.php/postgrados>
- Quelal Tapia, M. B. (Febrero de 2012). *Obtención de Rodajas Fritas "Chips" de Mashua (Tropaeolum tuberosum) aplicando la Tecnología de Fritura*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.
- Ríos Pérez, M. M., Márquez Cardozo, C. J., & Ciro Velásquez, H. J. (2005). *DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTOS DE PAPAYA HAWAIIANA (Carica papaya L.) EN CUATRO AGENTES EDULCORANTES*. Medellín.
- Rodríguez - Manrique, J., Alvis-Bermúdez, A., Castellanos-Galeano, F., Gutiérrez-Mosquera, L., Díaz-Ávila, W., & Chávez-Salazar, A. (2016). *Pérdidas de humedad y absorción de aceite en ahuyama sometida a osmodeshidratación y fritura*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Rodríguez, D., Espitia, M., Caicedo, Y., Córdoba, Y., Baena, Y., & Mora, C. (2005). *Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Rodríguez, G., Zuluaga, C., Puerta, L., & Ruiz, L. (Junio de 2013). *Evaluación de Parámetros Físico-Químicos en el Proceso de Fritura de Banano Osmodeshidratado*. Obtenido de Scielo.org.co: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a15.pdf>

- Rodríguez, S. (2010). *Caracterización física, química y nutricional de la zanahoria del eco tipo blanca (arracacia xanthorrhiza esculenta) cultivadas en suelos edafoclimáticos arcillolocalizos aireados en las provincias Pichincha y Tungurahua del Ecuador*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.
- Rodríguez, S., Granada, J., & Cruz, D. (2014). *Comparación de Sacarosa, Inulina y Fructo-Oligosacáridos como Agentes Osmóticos en Mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.)*. Obtenido de ISHS Acta Horticulturae: [https://www.actahort.org/books/1016/1016\\_4.htm](https://www.actahort.org/books/1016/1016_4.htm)
- Sandoval, O. C. (2011). *Diseño y Análisis de Experimentos con Statistix*. Obtenido de [uru.edu/fondoeditorial/libros/](http://www.uru.edu/fondoeditorial/libros/): <http://www.uru.edu/fondoeditorial/libros/pdf/manualdestatistix/cap7.pdf>
- Sanjinez, E., Branco, I., Takito, S., & Corbari, J. (2010). Influencia de la deshidratación osmótica y de la adición de cloruro de calcio en la conservación de kivis minimamente procesados. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- Santillán Brito, C. (2004). *Procesamiento de tajaditas de mango (Mangifera indica) variedad Tommy Atkins por deshidratación osmótica y fritura*. Tesis de pregrado, Universidad Zamorano, Honduras.
- Shigematsu, E., Eik, N., Kimura, M., & Mauro, M. (2005). *INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS SOBRE A DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE CARAMBOLASI*. Obtenido de ScieLo: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cta/v25n3/27024.pdf>
- Suaterna Hurtado, A. (2008). *La fritura de los alimentos: pérdida y ganancia de nutrientes en los alimentos fritos*. Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia, Colombia.
- Suaterna Hurtado, A. C. (Mayo de 2009). *La fritura de los alimentos: el aceite de fritura*. Obtenido de Scientific Electronic Library Online: [www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-41082009000100004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-41082009000100004)
- Suquilanda Valdivieso, M. (2013). *PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE CULTIVOS ANDINOS*. Obtenido de FAO - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf)
- Tapia, M., & Fries, A. M. (Junio de 2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos*. Obtenido de FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>
- Tirado, D., Acevedo, D., & Guzman, L. (2012). *FREIDO POR INMERSIÓN DE LOS ALIMENTOS*. Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena, Colombia.
- Torres Celis, D., Salvador Rodríguez, D., Baltazar Flores, R., & Siche, R. (2013). *Optimización de las condiciones de deshidratación osmótica de espárrago (Asparagus officinalis) utilizando la metodología de superficie de respuesta*. Obtenido de Agroindustrial Science: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/281/292>

- Valdiviezo, N. (2014). *Análisis del Tipo de aceite y Tiempo de fritura en la Vida Útil del Snack de Malanga (Xanthosoma sagittifolium) procedente del Tena*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Vázquez-Carrillo, M. G., Santiago-Ramos, D., Ybarra-Moncada, M. C., Cadena-Hinojosa, M. A., & Rubio-Covarrubias, O. Á. (2012). *VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS Y CALIDAD DE FRITURA DE CLONES DE PAPA DESARROLLADOS PARA LOS VALLES ALTOS DE MÉXICO*. Obtenido de Scielo:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952013000100005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000100005)
- Villacrés, E., Quelal, M. B., & Alvarez, J. (2013). *Nutrición, Procesamiento y Gastronomía de Raíces y Tubérculos Andinos en Ecuador*. Quito: INIAP.
- Villada, D., Villada, H., & Mosquera, A. (2009). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y FRITURA EN DOS VARIEDADES DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) EN LA PRODUCCIÓN DE CHIPS*. Obtenido de ScieLo:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n160/a12v76n160.pdf>
- Villarreal Villota, L. E., & Naranjo Freire, C. G. (2015). *Optimización de un proceso de fritura de zanahoria*. Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elías, L. G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Obtenido de dspace.direct.org:  
<https://idl-bnc-idrc.dspace.direct.org/bitstream/handle/10625/12666/IDL-12666.pdf?sequence=1>
- Zapata Montoyal, J., & Castro Quintero, G. (1999). *DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTAS Y VEGETALES*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Zhinda Zapata, L. M. (2013). *Obtención de harina precocida de camote (ipomoea batatas l.) para su uso tecnológico en la industria alimentaria*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.

# ANEXOS

## ANEXO 1. FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

### ANÁLISIS SENSORIAL

“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LA  
ABSORCIÓN DE GRASA EN HOJUELAS FRITAS DE ZANAHORIA BLANCA  
*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*”

El análisis sensorial es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento desde el punto de vista del consumidor mediante el uso de los sentidos del cuerpo humano.

#### INTRUCCIONES

Examine y valore detenidamente cada muestra y marque con una X en el casillero que describa su percepción sensorial en base a la siguiente información:

**COLOR:** Se evaluará la impresión visual del producto de acuerdo a su preferencia.

**OLOR:** Se evaluará un olor agradable al olfato.

**SABOR:** Se evaluará el sabor del chip dulce de zanahoria blanca según su gusto.

**TEXTURA:** Debe presentar una textura crocante ni siendo tan dura ni tan suave, tanto al romper el chip como al masticar.

### FICHA DE EVALUACIÓN

CARACTERÍSTICA	ALTERNATIVA	MUESTRAS					
		T1	T4	T5	T6	T7	T8
<b>COLOR</b>	Muy Agradable						
	Agradable						
	Es Indiferente						
	Desagradable						
	Muy Desagradable						
<b>OLOR</b>	Muy Agradable						
	Agradable						
	Es Indiferente						
	Desagradable						
	Muy Desagradable						
<b>SABOR</b>	Muy Agradable						
	Agradable						
	Es Indiferente						
	Desagradable						
	Muy Desagradable						
<b>TEXTURA</b>	Muy Agradable						
	Agradable						
	Es Indiferente						
	Desagradable						
	Muy Desagradable						

## **ANEXO 2. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (2 561:2010)**



### **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 561:2010**

---

### **BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

**SNACKS. REQUIREMENTS.**

**First Edition**

Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Voluntaria

**BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES.  
REQUISITOS.**

**NTE INEN  
2 561 :2010  
2010-10**

**1. OBJETO**

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los bocaditos elaborados a partir de cereales, leguminosas, tubérculos o raíces tuberosas, semilla, frutas horneados o fritos listos para consumo.

**2. ALCANCE**

2.1 Esta norma se aplica a los productos fritos u horneados que se comercializan envasados, tales como: hojuelas, productos extruidos, granos y cereales dilatados.

**3. DEFINICIONES**

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Bocadito*. Son los productos alimenticios que permiten mitigar el hambre sin llegar a ser una comida completa, se los conoce como pasabocas, snacks, botanas.

3.1.2 *Hojuelas*. Son las láminas de un tubérculo, raíz tuberosa, fruta, semillas que se forman por moldeado de una masa.

3.1.3 *Hojuelas fritas*. Son los productos que se obtienen de un proceso de fritura de las hojuelas con aceites comestibles a altas temperaturas.

3.1.4 *Extruidos*. Son los productos que se obtienen a partir de un proceso en el que el grano, harina o subproducto de éstos es forzado a fluir, bajo una o más variedades de mezclado, calentamiento y cizallamiento, a través de una placa/boquilla diseñada para dar forma o expandir los ingredientes.

3.1.5 *Cereales dilatados*. Son los productos que se expanden o incrementan su volumen por aplicación de calor.

**4. REQUISITOS**

**4.1 Requisitos específicos**

4.1.1 La elaboración del producto debe cumplir con el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública y además, se deben adoptar las medidas necesarias para reducir el contenido de acrilamida, tomando como base las indicadas en la CAC/RCP 67 - 2009 (Código de prácticas para reducir el contenido de Acrilamida en los alimentos).

4.1.2 El producto debe presentar el color, olor, sabor y textura característicos

4.1.3 Se permite la adición de los aditivos y colorantes establecidos en la NTE INEN 2 074

4.1.4 Se permite la adición de especias y condimentos para conferir las características sensoriales deseadas

4.1.5 No se permite la adición directa de antioxidantes y conservantes, su presencia se debe únicamente al efecto de transferencia.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, hortalizas y productos derivados, bocaditos, requisitos.

**4.1.6** Si se utiliza como ingrediente harina de trigo, está debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTE INEN 616, en lo referente a fortificación

**4.1.7** Estos productos deben cumplir con los requisitos establecidos en las tablas 1 y 2.

**TABLA 1. Requisitos bromatológicos**

Requisito	Máximo	Método de ensayo
Humedad, %	5	NTE INEN 518
Grasa, %	40	NTE INEN 523
Índice de peróxidos meq O <sub>2</sub> /kg (en la grasa extraída)	10	NTE INEN 277
Colorantes	Permitidos en NTE INEN 2 074	

**TABLA 2. Requisitos Microbiológicos**

Requisito	n	c	m	M	Método de ensayo
Recuento estándar en placa, ufc/g	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>4</sup>	NTE INEN 1 529-5
Mohos ufc/g	5	2	10	10 <sup>2</sup>	NTE INEN 1 529-10
E. coli ufc/g	5	0	< 10	-	NTE INEN 1 529-7

**4.1.8** En los productos a base de maíz, el contenido máximo de aflatoxina será de 20 µg/kg.

**4.1.9** El límite máximo de plaguicidas es el que establece el Codex alimentarius CAC/LMR 1.

**4.1.10** El límite máximo de contaminantes para estos productos será el que establece el documento Codex CXS 193, Contaminantes de los alimentos.

#### **4.2 Requisitos complementarios**

**4.2.1** Estos productos se pueden comercializar solos o en mezcla de productos.

**4.2.2** El producto se debe expender de acuerdo con la Ley del sistema Ecuatoriano de la Calidad.

### **5. INSPECCIÓN**

**5.1 Muestreo.** El muestreo debe realizarse de acuerdo con la NTE INEN ISO 2859-1.

**5.2 Aceptación o rechazo.** Se acepta el producto si cumple con los requisitos establecidos en esta norma, caso contrario se rechaza.

### **6. ENVASADO Y EMBALADO**

**6.1** El material de envase debe ser de grado alimentario, que proteja al producto, y no altere sus características.

### **7. ROTULADO SE APRUEBA**

**7.1** El rotulado del producto debe cumplir con lo establecido en el RTE INEN 022.

(Continúa)

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 277	<i>Grasa y aceites. Determinación del índice de peróxido</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 518	<i>Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 523	<i>Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 616	<i>Harina de trigo. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-5	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos, REP</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-7	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-10	<i>Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra a profundidad</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 2859-1	<i>Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1 Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados</i>
CXS 193-195 (Enm. 2009)	<i>Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos</i>
CAC/MRL 1	<i>Lista de Límites Máximos para Residuos de Pesticidas, Programa conjunto FAO/OMS</i>
CAC/RCP 67 – 2009	<i>Código de prácticas para reducir el contenido de Aclaramida en los alimentos.</i>
Ley 2007-76	<i>Sistema Ecuatoriano de la Calidad Registro Oficial No. 26 de 2007-02-22</i>
Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura	<i>para alimentos procesados. Decreto Ejecutivo 3263, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002.</i>

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

- NTE INEN 187 *Grano y cereales. Maíz en grano. Requisitos.* Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, 1995.
- Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile DTO. 977/96, Actualizado a abril del 2009.

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**Documento:** NTE INEN 2 561 **TÍTULO:** BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES. **Código:** AL 02.02-406  
**REQUISITOS.**

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2009-12	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: SNACKS  
 Fecha de iniciación: 2010-01-27  
 Integrantes del Subcomité Técnico: \_\_\_\_\_  
 Fecha de aprobación: 2010-03-08

<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>
Tlga. Odelay Mendoza (Presidente)	PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR
Dra. Ann María Gómez	PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR
Dra. Patricia Vizcete	PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR
Ing. Peggy Amoros	PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR
Sra. Rosa Andrade	COFICA
Sr. Carlos Cevallos	COFICA
Dra. Digna Angulo	CARLI SNACKS CIA. LTDA.
Ing. Iván Méndez	INALECSA
Ing. Santiago Manfredi	INALECSA
Dra. Miriam Endara	INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, GUAYAQUIL
Ing. Geó Sandoval	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, FACULTAD DE ALIMENTOS
Tlga. Tatiana Gallegos	MINISTERIO DE SALUD - ALIMENTOS
Dra. Ann María Hidalgo	UNIVERSIDAD CENTRAL, FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
Ing. María E. Dávalos (Secretaría Técnica)	INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: \_\_\_\_\_

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-07-30

Oficializada como: **Voluntaria** Por Resolución No. 101-2010 de 2010-07-30  
 Registro Oficial No. 303 de 2010-10-19

## ANEXO 3. DATOS EXPERIMENTALES

**Tabla 25.** Datos experimentales del % Humedad

TRATAMIENTO I	REPETICIONES			SUMATORIA	PROMEDIO
	II	III			
T1	12,36	13,38	12,72	38,46	12,82
T2	8,76	11,07	9,46	29,29	9,76
T3	17,03	17,99	17,68	52,70	17,57
T4	13,34	15,87	11,74	40,95	13,65
T5	23,13	24,68	23,75	71,56	23,85
T6	26,95	27,13	30,16	84,24	28,08
T7	25,06	26,86	25,54	77,46	25,82
T8	25,03	24,28	24,29	73,60	24,53
<b>SUMATORIA</b>	151,66	161,26	155,34	468,26	
<b>PROMEDIO</b>	18,96	20,16	19,42	19,51	

**Tabla 26.** Datos experimentales del % Grasa

TRATAMIENTO I	REPETICIONES			SUMATORIA	PROMEDIO
	II	III			
T1	17,34	17,14	17,21	51,69	17,23
T2	19,31	19,41	19,35	58,07	19,36
T3	17,42	17,20	17,28	51,90	17,30
T4	17,00	16,99	16,93	50,92	16,97
T5	13,59	13,73	13,61	40,93	13,64
T6	14,30	14,53	14,39	43,22	14,41
T7	14,69	14,53	14,52	43,74	14,58
T8	14,90	15,10	14,93	44,93	14,98
Testigo	17,00	17,00	17,00	51,00	17,00
<b>SUMATORIA</b>	145,55	145,63	145,22	436,40	
<b>PROMEDIO</b>	16,17	16,18	16,14	16,16	

## ANEXO 4. COMPARACIÓN CON OTROS RESULTADOS

Estas composiciones pueden variar en función del clima, el suelo, y la variedad de cultivo a la cual fue sometido la raíz.

**Tabla 27.** Composición de la Zanahoria Blanca vs Otros Autores

<b>PARÁMETRO</b>	<b>ZANAHORIA BLANCA</b>	<b>OTROS AUTORES</b>	<b>UNIDAD</b>
Humedad	73,88	73,00 - 75,00	%
Cenizas	1,17	1,43 - 0,90	%
Proteína	6,00	5,10	%
Extracto Etéreo	1,20	1,11	%
Fibra	4,30	4,30 - 5,18	%
Almidón	18,30	10 - 25	%
Calcio	0,16	0,28	%
Magnesio	0,08	0,07	%
Hierro	15,00	2,20	mg/100g
Sodio	0,65	0,13	mg/100g

**Tabla 28.** Composición de las Hojuelas de Zanahoria Blanca vs Otros Productos

<b>PARÁMETRO</b>	<b>PRODUCTO</b>				<b>UNIDAD</b>
	<b>Hojuelas de Zanahoria Blanca</b>	<b>Papas Fritas</b>	<b>Chifles de sal</b>	<b>Chifles de dulce</b>	
Humedad	2,10	2,20	3,60	3,40	%
Cenizas	0,78	4,50	2,30	1,80	%
Proteína	6,20	6,40	2,20	1,60	%
Extracto Etéreo	13,70	24,0	25,79	20,60	%

## ANEXO 5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE SACAROSA Y CLORURO DE CALCIO PARA LA SOLUCIÓN OSMÓTICA

- **Sacarosa**

-Cálculo de la densidad:

masa balón de 50mL vacío (g)	57,6	57,6	57,6
balón aforado lleno sacarosa(g)	148	147,8	147,5
Densidad (g/mL)	0,904	0,902	0,899
Promedio	0,902 g/mL		

-Cantidad en *g* para la solución:

Concentración al 20%

$$\frac{1000\text{mL} \times 20\%}{100} = 200\text{mL}$$

$$d = \frac{m \text{ sacarosa}}{\text{volumen}}$$

$$m \text{ sacarosa} = d \times \text{volumen}$$

$$m \text{ sacarosa} = 0,902 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times 200 \text{ mL}$$

$$m \text{ sacarosa} = 180,4 \text{ g}$$

Concentración al 40%

$$\frac{1000\text{mL} \times 40\%}{100} = 400\text{mL}$$

$$d = \frac{m \text{ sacarosa}}{\text{volumen}}$$

$$m \text{ sacarosa} = d \times \text{volumen}$$

$$m \text{ sacarosa} = 0,902 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times 400 \text{ mL}$$

$$m \text{ sacarosa} = 360,8$$

- **Cloruro de Calcio**

Densidad del compuesto:

$$d = 1,85 \frac{g}{mL} \text{ a } 20^{\circ}C$$

Cantidad en *mL* para la solución:

$$\frac{1000mL \times 3\%}{100} = 30mL$$

$$d = \frac{m \text{ CaCl}_2}{V \text{ CaCl}_2}$$

$$m \text{ CaCl}_2 = d \times V \text{ CaCl}_2$$

$$m \text{ CaCl}_2 = 1,85 \frac{g}{mL} \times 30 \text{ mL}$$

$$m \text{ CaCl}_2 = 55,5 \text{ g}$$

Ecuación masa/volumen:

$$\% \frac{P}{V} = \frac{m \text{ CaCl}_2}{V \text{ sol}} \times 100$$

$$20 \% = \frac{55,5 \text{ g}}{V} \times 100$$

$$V = \frac{55,5 \text{ g}}{20 \%} \times 100$$

$$V = 277,5 \text{ mL}$$

## ANEXO 6. MEDICIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE MASA PARA EL T5

La medición de transferencia de masa se puede calcular de forma empírica en términos de pérdida de agua (PA) y ganancia de soluto (GS), siendo una forma de calcular la efectividad que hubo durante la deshidratación osmótica.

Los datos obtenidos corresponden al balance de materiales del tratamiento, en el cual  $Y_o$ ,  $Y_t$ ,  $X_o$  y  $X_t$  están expresados en fracción masa.

Datos:

PA= Pérdida de agua al tiempo  $t$

GS= Ganancia de sólidos

$F_o = 301,8$  gramos (peso inicial de la zanahoria blanca)

$F_t = 280,3$  gramos (peso final de la zanahoria blanca)

$Y_o = 0,72$  (contenido de humedad inicial de la zanahoria blanca)

$Y_t = 0,49$  (contenido de humedad de la zanahoria blanca al tiempo)

$X_o = 1 - Y_o = 1 - 0,72 = 0,28$  (contenido inicial de sólidos de la zanahoria blanca)

$X_t = 1 - Y_t = 1 - 0,49 = 0,51$  (contenido de sólidos de la zanahoria blanca al tiempo)

Con estos datos se reemplazó y se aplicó en las siguientes ecuaciones:

$$PA(\%) = \frac{F_o Y_o - F_t Y_t}{F_o} \times 100 = \frac{(301,8g)(0,72) - (280,3g)(0,49)}{301,8g} \times 100$$

$$PA = 26,49\%$$

$$GS(\%) = \frac{F_t X_t - F_o X_o}{F_o} \times 100 = \frac{(280,3g)(0,51) - (301,8g)(0,28)}{301,8g} \times 100$$

$$GS = 19,37\%$$

$$\frac{PA}{GS} = \frac{26,49}{19,37} = 1,37$$