

**APLICACIÓN DE OSMODESHIDRATACIÓN Y FREÍDO EN CHIPS DE
BERENJENA (*Solanum melongena* L.)**



MARÍA MELISSA FERNÁNDEZ ARGEL

JESÚS DAVID PÉREZ ÁLVAREZ

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

BERÁSTEGUI

2016

**APLICACIÓN DE OSMODESHIDRATACIÓN Y FREÍDO EN CHIPS DE
BERENJENA (*Solanum melongena* L.)**



**MARÍA MELISSA FERNÁNDEZ ARGEL
JESÚS DAVID PÉREZ ÁLVAREZ**

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero de Alimentos

Directora:

**Ing, BEATRIZ ELENA ÁLVAREZ BADEL
M. Sc. Ciencias Agroalimentarias**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BERÁSTEGUI**

2016

El jurado calificador del trabajo no se hace responsable de las ideas emitidas por los autores (Artículo 46, del acuerdo 006 mayo 29 de 1979 Consejo Directivo).

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Berastegui, 2016

DEDICATORIA

Principalmente a Dios quien me ha dado la fortaleza y la sabiduría para cumplir todos mis propósitos.

A mi mamá Práxedes Argel por su amor, apoyo incondicional, por impulsarme cada día a seguir adelante y por ser mi ejemplo a seguir.

A mi compañero Jesús David Pérez.

A mis amigos por su cariño y amistad incondicional.

María Melissa Fernández Argel

A dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres Rosalía Álvarez y Arístides Pérez, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron. Todo esto se lo debo a ustedes.

A mis hermanos Juan Carlos y Elkin David, por estar conmigo y apoyarme siempre.

A mi compañera María Melissa Fernández.

A todos mis amigos, por disfrutar los buenos momentos y apoyarnos en los difíciles.

Jesús David Pérez Álvarez

AGRADECIMIENTOS

Estamos muy agradecidos con todas las personas que contribuyeron a que este trabajo fuese posible.

Agradecimiento especial a nuestra directora Beatriz Alvarez Badel, por ser una guía y apoyo incondicional en esta investigación y por todos los conocimientos brindados.

A Lucia Raquel Oviedo, Auxiliar del laboratorio de análisis de alimentos

A David Ibañez Gallego, Auxiliar de planta piloto

A Sindy Galvan, Auxiliar del laboratorio grupo de investigación GIPAVE

A Teofilo Arteaga Cavadia, Auxiliar del laboratorio de ingeniería aplicada

A nuestras familias y amigos

Muchas Gracias.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN-----	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA-----	2
2.1 BERENJENA -----	2
2.2 DESHIDRATACIÓN -----	6
2.1.1 Efectos de la deshidratación en alimentos -----	7
2.3 OSMODESHIDRATACIÓN -----	10
2.4 CHIPS -----	11
2.5 FREÍDO -----	13
2.6 ESTUDIO DE VIDA UTIL ACELERADO -----	14
2.7 ANTECEDENTES -----	18
3. METODOLOGÍA -----	20
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN -----	20
3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO -----	20
3.3 MATERIALES -----	20
3.4 VARIABLES -----	21
3.5 PROCEDIMIENTO -----	21
3.5.1 Evaluación de las condiciones de osmodeshidratación -----	24
3.5.2 Proceso de elaboración de los chips de berenjena -----	24
3.5.3 Evaluación de la caducidad de los chips de berenjena -----	25
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE RESULTADOS -----	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	26
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS CHIPS DE BERENJENA Y DE LAS CONDICIONES DE OSMODESHIDRATACIÓN Y FREÍDO -----	26
4.2 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS CHIPS DE BERENJENA -----	28
4.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS CHIPS DE BERENJENA -----	30
4.4 ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS CHIPS DE BERENJENA -----	34

4.5 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CADUCIDAD DE LOS CHIPS DE BERENJENA -----	35
4.5.1 Humedad -----	35
4.5.2 Prueba de aceptación sensorial -----	37
4.5.3 Colorimetría -----	40
5. CONCLUSIONES -----	42
6. RECOMENDACIONES -----	43
7. REFERENCIAS -----	44
8. ANEXOS -----	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la berenjena.	4
Tabla 2. Ventajas y desventajas de la osmodeshidratación.	12
Tabla 3. Concentraciones de solutos utilizadas en la elaboración de las soluciones osmóticas.	22
Tabla 4. Tratamientos para la aplicación de osmodeshidratación en chips de berenjena.	23
Tabla 5. Análisis fisicoquímicos realizados a los chips de berenjena osmodeshidratados.	24
Tabla 6. Variables para la determinación de vida útil de los chips de berenjena	25
Tabla 7. Resultados Validación de supuestos del modelo para el porcentaje pérdida de peso.	28
Tabla 8. Resultados análisis de varianza para la determinación del porcentaje de pérdida de peso.	28
Tabla 9. Resultados de la determinación del porcentaje de pérdida de peso para cada tratamiento.	29
Tabla 10. Resultados validación de supuestos del modelo para el porcentaje de humedad y grasa.	30

Tabla 11. Resultados análisis de varianza para la determinación del porcentaje de humedad.	30
Tabla 12. Resultados del análisis fisicoquímico de los chips de berenjena	31
Tabla 13. Resultados prueba de aceptación de chips de berenjena.	34
Tabla 14. Resultados del análisis del %Humedad para el estudio de caducidad de los chips de berenjena.	36
Tabla 15. Resultados del análisis sensorial para el estudio de caducidad de los chips de berenjena.	37
Tabla 16. Valores hallados de la constante de velocidad (k) de la ecuación de Arrhenius de los atributos sensoriales (color, sabor y textura).	39
Tabla 17. Resultados de las coordenadas colorimétricas	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Volumen de berenjena producido por país durante el año 2007	5
Figura 2. Rendimiento del cultivo de berenjena por país en el año 2007	6
Figura 3. Flujo de solutos y de agua en el producto alimenticio inmerso en la solución hipertónica	11
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de chips de berenjena osmodeshidratados y freídos	27
Figura 5. Cinética del deterioro de chips de berenjena en función de los atributos sensoriales (Color, sabor y textura)	39

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Formato para prueba de aceptación sensorial	51
ANEXO B. Resultados del porcentaje de humedad de los chips de berenjena en el tiempo para la determinación de vida útil	52
ANEXO C. Resultados de la prueba de aceptación sensorial de los chips de berenjena en el tiempo para la determinación de vida útil	54
ANEXO D. Resultados de las coordenadas colorimétricas de los chips de berenjena en el tiempo.	60
ANEXO E. Fotos de los diferentes tratamientos de chips de berenjena.	64

RESUMEN

Esta investigación se hizo con el fin de evaluar el proceso de osmodeshidratación y freído en chips de berenjena. Para llevar a cabo este objetivo, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x3, donde las variables independientes fueron; el grosor de los chips (3 mm y 4 mm) y la concentración de los solutos utilizados en la osmodeshidratación (45g de azúcar y 6g de sal en 100ml de agua, 60g de azúcar y 8g de sal en 100ml de agua, 40g de azúcar en 100ml de agua). De acuerdo a los resultados obtenidos, los chips osmodeshidratados presentaron un porcentaje de pérdida mucho mayor en comparación con los chips sin tratamiento, mientras que en los análisis fisicoquímicos los valores de humedad y porcentaje de grasa fueron menores en los chips osmodeshidratados.

En el análisis sensorial realizado para escoger el mejor tratamiento, el tratamiento 2 fue el que mejor aceptación presentó por parte de los catadores, por tal razón, a estos chips utilizados en este tratamiento se les evaluó la vida útil a tres temperaturas diferentes (25 °C, 30 °C Y 35 °C), de acuerdo a las pruebas sensoriales, la vida útil de los chips de berenjena osmodeshidratados fue de 10 días, para 25 °C, 14 días para 30 °C y 2 días para 35 °C.

Palabras claves: chips, osmodeshidratación, soluto, concentración, vida útil

ABSTRAC

This research was done in order to evaluate the process of osmotic dehydration and fried eggplant chips. design was used completely to carry out this objective, 2x3 factorial arrangement, where the independent variables were with; the thickness of the chips (3 mm and 4 mm) and the concentration of solutes used in the osmotic dehydration (45g sugar and 6g of salt in 100ml water , 8g 60g of sugar and salt in 100ml water, 40g sugar 100ml water). According to the results, osmodeshidratados chips had a much larger percentage loss compared to untreated chips, while in the physicochemical analysis values moisture and fat percentage was lower in osmodeshidratados many chips.

In sensory analysis to choose the best treatment, treatment 2 was the best acceptance presented by the tasters, for that reason, these chips used in this treatment were evaluated life at three different temperatures (25 °C 30 °C and 35 °C) according to sensory testing, the life of eggplant osmodeshidratados chips was 10 days, 25 °C for 14 days to 3 °C and 2 days for 35 °C.

Keywords: chips, osmotic dehydration, solute, concentration, shelf life

INTRODUCCIÓN

La berenjena es una de las hortalizas de gran importancia en Colombia y especialmente en el Caribe colombiano, utilizada muy a menudo como fuente de alimentación y con grandes posibilidades de exportación, por sus beneficios en la salud, por su alto contenido de fenoles, con actividad antioxidante y minerales, como P, K, Ca y Mg; su aporte a la dieta en calorías es reducido, tiene muy bajo contenido en sodio y representa una buena fuente de fibra (Raigon et al. 2008; Palomo et al.2009). En los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar, se cultivan 374 ha que representan el 72% de la producción nacional. El rendimiento de los cultivares regionales alcanza las 16 t.ha⁻¹ y se siembra en superficies que oscilan entre 1000 y 2500 m², por productores minifundistas, campesinos sin tierras y jornaleros en actividades agropecuarias (Araméndiz et al. 1999; DNP, 2005; Agronet, 2008).

Debido que es una hortaliza muy cultivada en la región Caribe colombiana y con unas cualidades nutritivas muy importantes, es común encontrarla en la dieta de los habitantes de esta región; sin embargo no se ha logrado darle un valor agregado mediante el uso como materia prima en la elaboración de productos alimenticios que genere una alta demanda por parte de nuevos consumidores y así lograr un mayor consumo y una fuente de ingresos para los campesinos que la cultivan. En el mercado es normal encontrar productos elaborados a partir de frutas y vegetales, como por ejemplo: chips de papas y chips de yuca; los cuales a través de un proceso de manufactura y al ser sometidos a

fritura, logran unas características organolépticas muy apetecidas por parte de los consumidores.

Se ha observado que al elaborar chips de berenjena y someterlos a fritura, estos absorben mucha grasa, lo cual genera rechazo al momento de consumirlos y su alta ingesta pueden ocasionar problemas en la salud; es así como se decidió investigar la aplicación de osmodeshidratación como pretratamiento antes del freído de los chips de berenjena, ya que apoyado en otras investigaciones con otros tipos de vegetales, se ha logrado observar numerosas ventajas en las características organolépticas finales del producto. Por ende el presente estudio es muy necesario llevarlo a cabo, debido a que se lograría definir el proceso de elaboración de chips de berenjena osmodeshidratados y se evaluarían algunas características fisicoquímicas y sensoriales que ayudarían a comprender el comportamiento e influencia de la osmodeshidratación como pretratamiento para una posterior fritura de los chips.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Berenjena

Es una baya alargada o globosa, de color negro, morado, blanco, blanco jaspeado de morado o verde. Presenta pequeñas semillas de color amarillo con un poder germinativo que oscila entre 4 y 6 años. 1 gramo de semillas contiene entre 250 y 300 unidades (FAO 2009).

La berenjena es originaria de las zonas tropicales y subtropicales asiáticas. Se cultivó desde la antigüedad en la India, Birmania y China, hacia el año 1.200 ya se cultivaba en Egipto, en la Edad Media fue introducida a través de la Península Ibérica y de Turquía, para posteriormente extenderse por el Mediterráneo y resto de Europa. Fue en el siglo XVII cuando se introdujo en la alimentación, tras ser utilizada en medicina para combatir inflamaciones cutáneas y quemaduras (FAO 2009).

La berenjena es un vegetal muy nutritivo y beneficioso para la dieta, sus propiedades nutricionales se encuentran señaladas en la tabla 1.

La berenjena es un cultivo importante en América, Asia y el Área mediterránea. Su vida útil limitada es uno de las principales restricciones en el comercio de la berenjena como producto fresco. La deshidratación constituye una alternativa para proporcionar más estabilidad a los productos de berenjena, que pueden ser enviados a mercados extranjeros o se utilizan durante todo el año entero (FAO 2009).

Tabla 1. Composición química de la berenjena

Componente	Cantidad
Agua	93 %
Carbohidratos	4,4 %
Proteínas	1,2 %
Lípidos	0,2 %
Sodio	8 mg/100 g
Potasio	218 mg/100 g
Fosforo	25 mg/100 g
Calcio	11 mg/100 g
Hierro	1 mg/100 g
Vitamina A	3 mg/100 g
Vitamina C	6 mg/100 g

Fuente: USDA *National Nutrient Database for Standard Reference 2011*

Producción mundial de berenjena

La berenjena (*Solanum melongena*) se considera originaria de la India, introducida a Europa desde la Edad Media. Durante siglos este vegetal fue considerado exclusivo como adorno exótico ya que existía la creencia de que su consumo era origen de algunas enfermedades. Para China, India, Japón y diversos países mediterráneos la berenjena es un producto muy popular, razón que hace a estos países mayores productores del mundo. Se conocen tres subespecies del género *Solanum*: *esculentum*, a la que pertenecen la mayoría de variedades; *insanum*, con un número reducido de especies cultivadas y *ovigerum*, que sólo tiene interés ornamental (Maradiaga 2008).

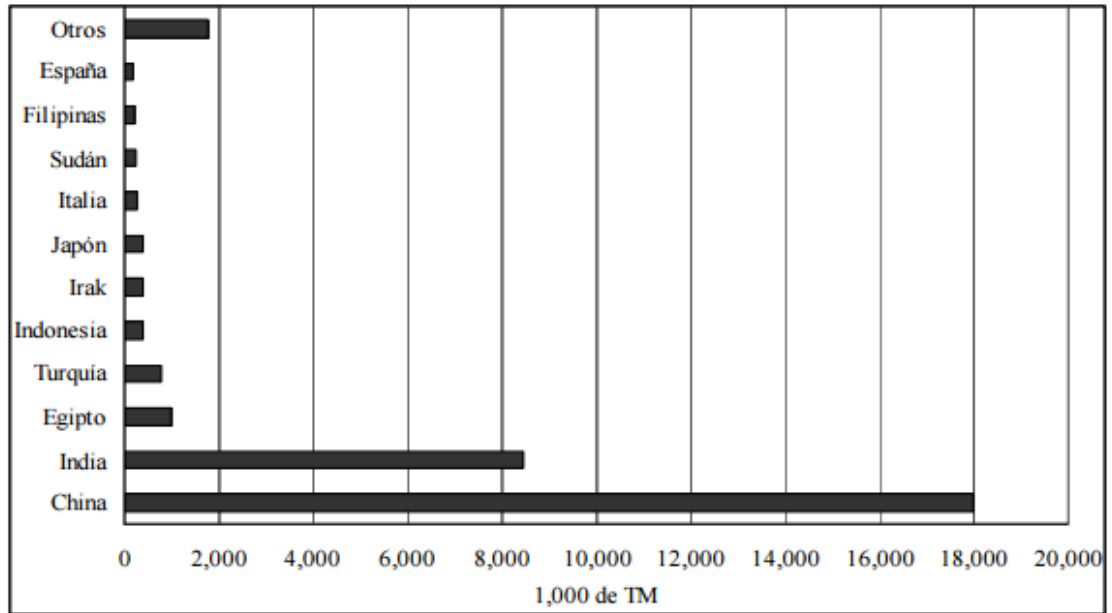


Figura 1. Volumen de berenjena producido por país durante el año 2007.

Fuente: FAO, 2008.

La figura 1 presenta los principales países productores de berenjena a nivel mundial durante el año 2007. Durante este período China fue el mayor productor, seguido por la India, Egipto, Turquía, Indonesia, Irak, Japón, Italia, Sudán, Filipinas y España con una participación grupal aproximada de 94% del total de la producción mundial. China representa la producción más alta con 56% de la producción total, la cual destina para su propio consumo seguido de la India con 26% y Egipto con 3% respectivamente. España y Países bajos son los principales abastecedores de los países europeos. La figura 2 presenta los países con el más alto rendimiento en el cultivo de berenjena. Estos países son Países bajos con los mejores rendimientos productivos de 420 TM/Ha seguido de Bélgica con 267 TM/Ha y Estados Unidos con el menor rendimiento de 34 TM/Ha dentro de este grupo que comprende los países con mayor rendimiento. Si se compara esta figura con la figura uno, se puede observar que estos países no son clasificados como principales productores a nivel mundial (Maradiaga 2008).

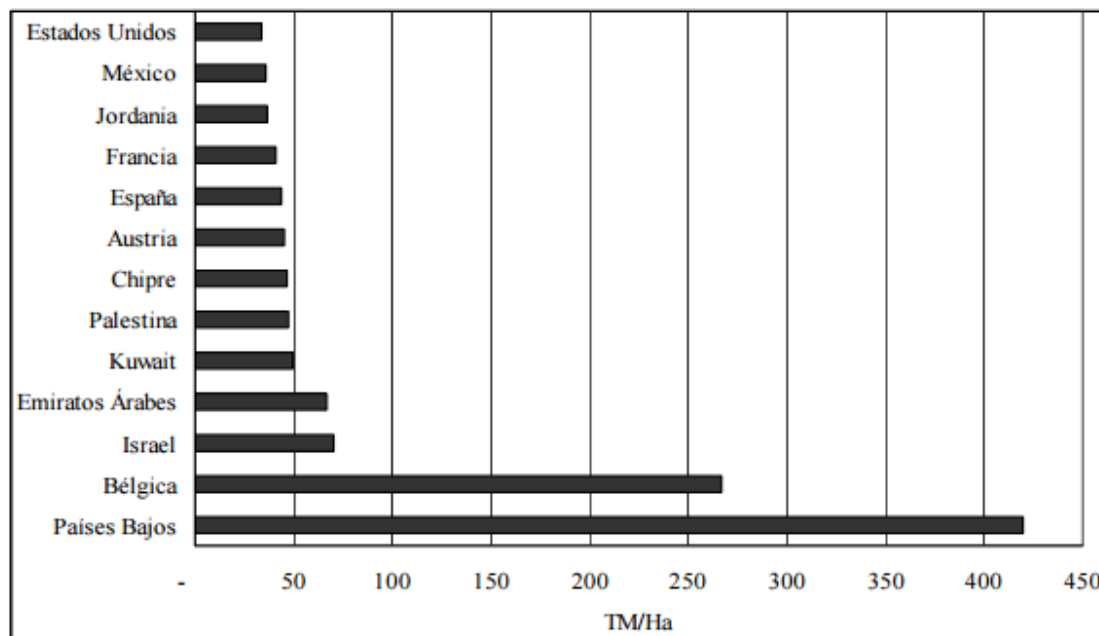


Figura 2. Rendimiento del cultivo de berenjena por país en el año 2007.

Fuente: FAO, 2008.

Usos culinarios de la berenjena

La berenjena se consume asada a la parrilla, frita, sofrita, rebozada con huevo, gratinada, cocida al vapor o al horno. Es muy versátil y combina bien con tomates, cebollas, ajo y queso. La única manera en la que la berenjena no se debe consumir es cruda (Galdamez et al. 2013).

2.2 Deshidratación

A lo largo del tiempo las civilizaciones han creado diversas formas de conservar los alimentos de acuerdo a las necesidades que poseen; uno de los métodos más utilizados por todas estas civilizaciones es la deshidratación/secado de los alimentos, así como también otros métodos como lo son salmueras, encurtidos, pasteurización, conservantes más recientemente la radiación (Vargas 2012).

La deshidratación es un método de estabilización de alimentos el cual se fundamenta en la disminución de la actividad acuosa (A_w) para así, retardar los diversos procesos de descomposición a los que son susceptibles un alimento. Este método varía ampliamente de la evaporación ya que, aunque ambos procesos tienen como objetivo reducir el contenido de agua, de la evaporación se obtienen productos líquidos que aun presentan cantidades de agua de hasta el 50%; los productos obtenidos de la deshidratación son sólidos con contenidos de agua inferiores al 10% (ITESCA 2011).

Durante la operación de deshidratación no solo se retira el contenido de agua que actúa como disolvente que diluye el alimento, sino que se sustrae el agua que contienen como componente las estructuras y tejidos del alimento. Por esta razón es que la deshidratación causa cambios altamente notorios en las características organolépticas de los alimentos, por lo tanto su uso resulta inadecuado para varios alimentos. Los cambios físicos más comunes son el encogimiento y endurecimiento, y los cambios químicos están asociados a la textura, sabor, viscosidad, valor nutritivo y estabilidad durante su almacenamiento. La mayoría de estas alteraciones dependen del tipo de alimento, la composición y el método utilizado para la deshidratación, así como también reacciones químicas enzimáticas que ocasionen pardeamiento en el alimento a deshidratar (Greco 2011).

Hay que escoger un método de deshidratación adecuado según el tipo de alimento a deshidratar; existen varios métodos de deshidratación, pero entre los más comunes tenemos: secado por aire caliente, secado natural, secado por evaporación, liofilización y deshidratación osmótica (Greco 2011).

2.2.1 Efectos de la deshidratación en alimentos

Existen diversos efectos ocasionados por la deshidratación osmótica que pueden afectar ciertos compuestos y características propias de los alimentos que ocurren durante la eliminación de agua, entre estos efectos encontramos los siguientes:

- **Valor nutritivo:** Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación previa de frutas y verduras, que son generalmente mayores que las

que ocasiona el propio proceso de deshidratación. Los compuestos químicos como la fibra dietética, minerales, entre otros, no se ven afectados por la deshidratación o pueden verse afectados mínimamente. En el caso de las vitaminas, su solubilidad en agua depende de la vitamina en cuestión. A medida que el proceso de deshidratación avanza algunas vitaminas, por ejemplo: la Riboflavina, alcanza su sobresaturación y precipitan. Las pérdidas, por lo tanto, son pequeñas. Otras, como el ácido ascórbico, se mantienen disueltas hasta que el contenido en agua del alimento es muy bajo y reaccionan con los solutos a mayor velocidad a medida que el proceso progresa. La vitamina C es también sensible al calor y la oxidación. Por ello, los tiempos de deshidratación deben ser cortos, las temperaturas bajas y durante el almacenamiento, el contenido en agua y la concentración de oxígeno debe también mantenerse bajos para evitar posibles pérdidas que, de lo contrario, podrían llegar a ser importantes. La tiamina también es sensible al calor. Otras vitaminas liposolubles son más estables al calor y a la oxidación, por lo que sus pérdidas durante la deshidratación (sin contar con las que se producen durante el escaldado) rara vez son superiores a 5 - 10% (Sierra 2010).

- **Textura:** La principal causa de alteración en la calidad de los alimentos deshidratados por medio de estos sistemas, reside en las modificaciones que éstos provocan en su textura. El tipo de tratamiento previo y la intensidad con la que se aplica; la adición de cloruro cálcico al agua del escaldado, el tipo de intensidad con que se realiza la reducción del tamaño y el pelado, son operaciones que afectan la textura de las frutas y verduras deshidratadas. En los alimentos adecuadamente escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido del agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en la célula, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme,

característica de la materia prima original. La temperatura y la velocidad de deshidratación ejercen un efecto determinante sobre la textura de los alimentos. Por lo general, las velocidades de deshidratación rápidas y las temperaturas más elevadas provocan mayores cambios, que velocidades de deshidratación más lentas y temperaturas más bajas. La evaporación del agua hace que aumente la concentración de los solutos en la superficie. Las temperaturas elevadas, provocan cambios físicos y químicos complejos en la superficie del alimento que conducen a la formación de una capa superficial dura e impenetrable. Este fenómeno, que se denomina “acortezamiento” (“case hardening”), reduce la velocidad de deshidratación y da lugar a un alimento que es seco en la superficie y húmedo en su interior (Shafiur 2003).

- **Bouquet y aroma:** El calor no sólo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. La intensidad con la que esta pérdida se produce, depende de la temperatura y de la concentración de sólidos en el alimento, así como de la presión de vapor de las sustancias volátiles y la solubilidad en el vapor de agua. Aquellas sustancias volátiles de difusión y volatilidad relativamente elevadas son las que antes se pierden y son pocos los componentes volátiles que se pierden en fases posteriores. Un adecuado control de las condiciones de deshidratación en las primeras fases del proceso, permite reducir al mínimo estas pérdidas. Una segunda causa importante de las pérdidas de aroma por la deshidratación, la constituye la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad del agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento. Algunos alimentos, por ejemplo: la zanahoria desarrolla en ocasiones un aroma similar a las flores de violetas, debido a la oxidación de los carotenos a β -iononas. Estos cambios pueden reducirse mediante el envasado al vacío o en atmósferas especiales, almacenando el producto a bajas temperaturas,

protegiéndolo de la luz ultravioleta visible, reduciendo su contenido en agua, adicionándole antioxidantes sintéticos o procurando que en el proceso de elaboración los antioxidantes naturales no se destruyan (Campos y Florez 2012).

- **Color:** La deshidratación cambia las características de la superficie del alimento y por tanto su color y reflectancia. Los cambios químicos experimentados por los pigmentos derivados, el caroteno y la clorofila, son producidos por el calor y la oxidación que tienen lugar durante la deshidratación. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos (Cañizares et al 2007).

2.3 Osmodeshidratación

La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad (De la Rocca 2010). Dado que la fase líquida del alimento está separada de la disolución osmótica por las membranas celulares, el equilibrio se logra por el intercambio de agua y de sólidos a través de la membrana.

Los alimentos son sistemas biológicos heterogéneos, por lo tanto el curso que sigue el agua durante la difusión y la velocidad de deshidratación es muy variable y dependen de la constitución tisular y de la disposición celular de la estructura del alimento (Suca 2007).

La fuerza impulsora para la difusión del agua desde los tejidos a la solución es la diferencia de actividad acuosa (presión osmótica) entre el alimento y la solución. Los medios de deshidratación son generalmente soluciones acuosas concentradas de un azúcar o una sal o mezclas de diversos azúcares y/o sales. Asimismo, cuando no es deseable apreciar dulzor en el alimento, como en el caso de la mayoría de los vegetales, se emplean alcoholes de alto peso molecular para reemplazar los azúcares o la conjunción de sal y azúcar u otros edulcorantes para enmascarar a estos últimos. Acompañando a la eliminación parcial de agua del alimento se produce la pérdida de algunos solutos solubles del mismo que son arrastrados por el agua y una ganancia de

solutos por parte del alimento desde la solución (Figura 3). Tanto la magnitud de este fenómeno como la pérdida de agua dependen de las características del producto alimenticio: forma, tamaño, estructura, composición y tratamiento previo (pelado, escaldado, tratamiento de la superficie); de la solución: tipos de solutos, concentración de los mismos y de las condiciones de proceso: temperatura, grado de agitación de la solución, presión de trabajo y relación masa de solución a masa de producto (De la Rocca 2010).

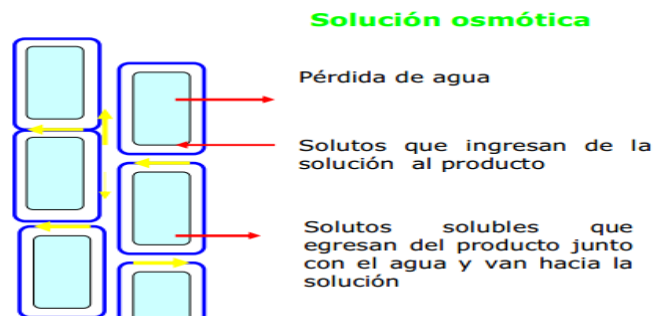


Figura 3. Flujo de solutos y de agua en el producto alimenticio inmerso en la solución hipertónica

El proceso de deshidratación osmótica se caracteriza por una etapa transitoria antes de alcanzar el equilibrio durante el período dinámico la velocidad de transferencia de masa disminuye hasta llegar al equilibrio. Cuando éste se alcanza la velocidad de transporte neta de masa es nula y es el final del proceso osmótico. La remoción del agua se realiza por dos mecanismos: flujo capilar y difusivo, mientras que el transporte de solutos ya sea de consumo o de lixiviación se realiza sólo por difusión (De la Rocca 2010). En la Tabla 2 se encuentran las principales ventajas y desventajas de la osmodeshidratación.

2.4 Chips

Un chip es lo que se entiende por las papas fritas de bolsa de siempre: una papa o cualquier otro vegetal pelado, cortado en rodajas finas, frito o seco y envasado (Castrillo et al 2010).

Estos se pueden considerar como un snack de tipo salado que son un tipo de alimento que en la cultura occidental no es considerado como uno de los alimentos principales del día (desayuno, almuerzo, comida, merienda o cena). Generalmente se utilizan para satisfacer temporalmente el hambre, proporcionar una mínima cantidad de energía para el cuerpo o simplemente por placer, es comida fácil de llevar y de comer, usualmente del tamaño de un bocado y que se consume entre las comidas regulares. Comúnmente se sirven en reuniones o eventos. (Pro-Chile 2011).

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la osmodeshidratación

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Se disminuye la actividad de agua (aw), permitiendo obtener productos de humedad intermedia. • Se conserva la estructura del producto • Se utiliza previamente a otros procesos de conservación como: secado con aire, congelación etc. disminuyendo tiempos de proceso. • Costos de producción bajos debido a que requiere consumo de energía eléctrica (a menos que se trabaje a temperaturas determinadas), debido también a la baja inversión en equipos, y a la posibilidad de reutilizar la solución osmótica. • Se evitan reacciones de oxidación (pardeamiento enzimático) que afectan directamente la apariencia del producto final. 	<ul style="list-style-type: none"> • No sirve para frutas que posean pulpa líquida ej.: la pulpa de maracuyá o lulo maduro. • Tampoco se recomiendan a frutas que poseen alto número de semillas de tamaño mediano como la mora o guayaba. • Algunas frutas pueden perder su poca acidez como el mango o la piña. • Se puede presentar ósmosis parcial de la fruta debido a la flotación que se presenta en el sistema por la diferencia de densidades entre solución y fruta

Fuente: (Leiva y Gómez 2009)

2.5 Freído

El freído de los alimentos es uno de los métodos de cocción que mayor aceptación mundial tiene, no sólo por el sabor y textura crujiente que le aporta al alimento, sino por la rapidez de su preparación (Tirado 2012).

Este método se caracteriza por formar una “costra” en la superficie del alimento y generar un sabor característico, agradable. Durante la fritura se presentan cambios en la composición nutricional de los alimentos, estos dependen del tipo de grasa, de las características propias del alimento, del tiempo, la temperatura y demás condiciones del proceso. Entre los cambios que más comúnmente se presentan está el aumento en el contenido de la grasa total o disminución, en el caso de los alimentos ricos en ésta con una tendencia similar al aceite o grasa utilizado (Suaterna 2008).

Suaterna (2008), autor de “La fritura de los alimentos”, define fritura como un proceso extremadamente complejo que involucra factores dependientes del proceso, del alimento y del tipo de grasa o aceite utilizado. En esencia, la fritura se define como la cocción de los alimentos en aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas (160-180°C), donde el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme del producto. Básicamente, la fritura es un proceso de deshidratación, con tres características distintivas: corto tiempo de cocción debido a la rápida transferencia de calor que se logra con el aceite caliente; temperatura en el interior del alimento menor a 100°C; y absorción de la grasa del medio por el alimento.

El proceso de fritura por inmersión se conoce desde hace muchos años en la preparación de alimentos por los sabores y olores característicos, así como la textura que se desarrolla en los mismos (Valdiviezo 2014), reuniendo varias ventajas frente a otros métodos de cocción (Moya 2011). La velocidad y la eficiencia dependen de la calidad y la temperatura del aceite, esta suele estar entre 150 y 190°C, favoreciendo un alto índice de deshidratación y un menor tiempo de proceso (Moreira et al.1999).

En un producto frito un importante indicador de calidad es el contenido de humedad, de este dependen otros factores como la textura, el color, entre otros; además, un bajo contenido de este proporciona la estabilidad a las alteraciones microbianas, ya que la

pérdida de agua suspende o retarda las actividades metabólicas de los microorganismos causantes de la descomposición microbiana (Mottur 2009). En países tropicales, los productos fritos consisten principalmente en alimentos con almidón (papa, plátano, yuca, entre otros) que se caracterizan por un alto contenido inicial de agua (60-80%) y bajo contenido de nutrientes, en este proceso de cocción y deshidratación la materia prima entra en contacto con el aceite caliente con el objetivo de sellar el alimento gracias a que el almidón se gelatiniza, a que los tejidos se ablandan (en el caso de las papas crudas) y que las enzimas son parcialmente inactivadas. De esta manera los sabores y jugos que componen el alimento se conservan en la parte interna de él, gracias a la formación de una capa que recubre el producto, ya que la humedad se pierde durante el proceso (Lucas et al. 2011).

2.6 Estudio de vida útil acelerado

La vida útil o vida de almacén de un alimento se define como el tiempo que transcurre hasta que el producto se convierte en inaceptable. En muchos casos la vida útil es el periodo de tiempo durante el cual el producto permanece en buenas condiciones de venta. Así pues para cada alimento particular hay un periodo de tiempo determinado, después de su producción, durante el cual mantienen el nivel requerido de sus cualidades organolépticas y de seguridad, bajo determinadas condiciones de conservación (De la Espriella 2010).

La vida útil acelerada, se determina bajo condiciones de manejo y almacenamiento, que simulan las que el producto experimentará durante su manipulación y distribución. Ya que las pruebas de estabilidad durante el almacenamiento pueden requerir un año o más para que sean significativas, es frecuente diseñar experiencias que aceleren dichas condiciones, lo que se consigue incrementando la temperatura, humedad y otras variables con lo que se modifica la calidad del alimento en un tiempo más corto. Los test de vida útil acelerada son útiles en el diseño y desarrollo de un nuevo producto o en la modificación de uno ya existente, puesto que permiten determinar la caducidad del mismo sin necesidad de esperar a que transcurra el tiempo necesario (De la Espriella 2010).

Durante el almacenamiento y distribución, los alimentos están expuestos a un amplio rango de condiciones ambientales, factores tales como temperatura, humedad, oxígeno y luz, que, como ya se ha indicado, pueden desencadenar mecanismos de reacción que conducen a su degradación. Como consecuencia de estos mecanismos los alimentos se alteran hasta ser rechazados por el consumidor. Es necesario por tanto, conocer las diferentes reacciones que causan esta degradación de los alimentos para desarrollar procedimientos específicos para la evaluación de su vida útil (Ramirez 2013).

La cinética de deterioro de los alimentos se puede expresar matemáticamente por medio de ecuaciones de relación. Aplicando los principios fundamentales de la cinética química, los cambios en la calidad de los alimentos pueden, en general, expresarse como una función de la composición de los mismos y de los factores ambientales:

$$\frac{dQ}{dt} = F(C_i, E_j)$$

donde C_i son factores de composición, tales como concentración de algunos compuestos de reacción, enzimas, pH, actividad de agua, así como población microbiana y E_j son factores ambientales tales como temperatura, humedad relativa, presión total y parcial de diferentes gases, luz, etc. La metodología de trabajo consiste en identificar primero las reacciones químicas y biológicas que influyen en la calidad y seguridad del alimento. Entonces, a través de un estudio cuidadoso de los componentes del alimento y del proceso, se determinan las reacciones que se considera que presentan el impacto más crítico (Ramirez 2013).

En estos casos, bastante comunes, y los únicos que se consideran en la práctica, la velocidad de estas reacciones hipotéticas se puede expresar en función de una pseudo constante k y un pseudo orden n según:

$$\pm \frac{dQ}{dt} = kQ^n$$

Tomando el signo según sea el atributo de calidad un componente que se pierde (ej. una vitamina (ej. Una vitamina) o un producto de degradación que aparece. Esta simplificación da lugar a la siguiente clasificación (Ramirez 2013).

Reacción de orden cero

Consideremos un atributo de calidad Q , que disminuye durante el periodo de almacenamiento. Un orden cero implica que

$$-\frac{dQ}{dt} = k$$

Que se integra a:

$$Q = Q_0 - kt$$

Donde Q_0 representa el valor inicial El atributo de calidad y, Q es el valor que toma dicho atributo después de transcurrido el tiempo t . Una variación lineal implica siempre orden cero.

Si el final de la vida útil, t_f , se alcanza cuando el atributo de calidad toma un cierto valor, llamado Q_f , tendremos:

$$Q_f = Q_0 - kt_f$$

y la vida útil

$$t_u = \frac{Q_0 - Q_f}{k}$$

El empleo de una ecuación de orden cero es útil en la descripción de procesos tales como la degradación enzimática, el pardeamiento no enzimático y la oxidación de los lípidos que lleva al desarrollo de olores rancios (Ramirez 2013).

Reacción de primer orden

Si el atributo de calidad Q disminuye de forma exponencial durante el periodo de almacenamiento, el ritmo de pérdidas del atributo de calidad depende de la cantidad que queda del mismo, lo que ocasiona que a medida que el tiempo avanza y el atributo de calidad disminuye la velocidad de reacción es cada vez menor. La relación exponencial

entre el atributo de calidad y el tiempo se puede explicar con una reacción de primer orden, $n = 1$, por medio de la ecuación:

$$-\frac{dQ}{dt} = kQ$$

Donde,

$$\ln \frac{Q}{Q_0} = kt$$

Entonces

$$\ln Q = \ln Q_0 - kt$$

Y

$$Q = Q_0 e^{-kt}$$

Como en el caso anterior, el final de la vida útil (t_u) se alcanzará cuando el atributo de calidad tome el valor Q_f , por lo que tendremos (Heldman y Lund 2007, Casp y Abril 2003):

$$\ln Q_f = \ln Q_0 - kt_u$$

Y entonces,

$$t_u = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_f}{k}$$

La mayoría de las reacciones estudiadas en los alimentos, se han caracterizado como de orden pseudo cero o de pseudo primer orden. Las reacciones de calidad global de alimentos congelados y pardeamiento no enzimático se relacionan con cinéticas de orden cero y las reacciones de pérdida de vitaminas, muerte/desarrollo microbiano, pérdida de color por oxidación y pérdida de textura en tratamientos térmicos con cinéticas de primer orden (Casp y Abril 2003).

Efecto de la temperatura:

Las aproximaciones hechas hasta ahora para definir la cinética de la evolución de un atributo asumen que las condiciones ambientales son constantes, pero es un hecho conocido que la temperatura es un factor tan primordial en la velocidad de degradación que su sola manipulación constituye un método de conservación por si misma (Ramirez 2013).

Este efecto se puede atribuir a un cambio en la constante de la velocidad de la reacción de degradación antes descrita (k). Si bien es cierto que la relación entre la k y la temperatura puede adquirir una forma muy compleja, en general resulta muy útil representar la relación k vs T mediante la ecuación de Arrhenius (Ramirez 2013).

$$k = k_A e^{\left(-\frac{E_A}{RT}\right)}$$

Que significa permite deducir valores de la constante de reacción a diferentes temperaturas si se conocen los parámetros k_0 y E_a . O su forma logarítmica, que permite obtener los parámetros de la ecuación a partir de datos experimentales (Ramirez 2013).

$$\ln(k) = \ln(k_0) - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

2.7 Antecedentes

El trabajo de Rodríguez et al. (2013) sobre la evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fritura de banano osmodeshidratado, y la investigación de Presotti et al. (2006) sobre optimización de la deshidratación osmótica del ñame (*Colocasia esculenta*) para fritura, utilizaron el proceso de osmodeshidratación como un pre-tratamiento para mejorar las características del producto después de ser sometido a fritura. Estos estudios demostraron que la aplicación de tratamiento osmótico previo a la fritura, incide en los parámetros sensoriales examinados en los productos fritos; y en ambas investigaciones las muestras que fueron sometidas a tratamiento de osmodeshidratación presentaron menor absorción de grasa, y contenido de humedad que aquellas que no tenían el pre-tratamiento.

La osmodeshidratacion es un proceso comúnmente utilizado para conservar vegetales y aumentar el contenido de sólidos solubles en estas; por ejemplo la investigación realizada por Alvis et al (2015) evalúa el uso de este método de secado como pretratamiento para la obtención de hojuelas de mango; otra investigación realizada por Vega et al. (2007) sobre la aplicación de osmodeshidratacion en papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) y el trabajo de grado realizado por Campos et al. (2012) sobre la deshidratación osmótica en placas de chayote (*Sechium edule*) utilizando soluciones hipertónicas de cloruro de sodio y sacarosa, han demostrado que la deshidratación osmótica u osmodeshidratacion es una operación que contribuye a conservar productos hortofrutícolas y permite la generación de nuevos productos alimentarios favoreciendo así a los productores y al desarrollo regional.

3. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es una investigación de tipo experimental

3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El estudio se desarrolló en la planta piloto y en los laboratorios de análisis de alimentos, ingeniería aplicada y laboratorio del grupo de investigación GIPAVE en la Universidad de Córdoba sede Berástegui, municipio de Ciénaga de Oro, departamento de Córdoba-Colombia ubicada a 20 m.s.n.m, humedad relativa del 85,5%, temperatura promedio de 29 °C en las coordenadas 8 ° 53' latitud norte, 75° 35' longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich (Institución Geográfica Agustín Codazzi, 2012).

3.3 MATERIALES

- **Berenjenas:** Las berenjenas que se utilizaron para la elaboración de chips de berenjena, fueron cultivadas en el corregimiento del Retiro de los Indios del municipio de Cereté bajo unas condiciones de temperatura de 29°C y humedad relativa del 80,1% (Gobernación de Córdoba 2012)
- **Agua:** Se utilizó agua marca “CRISTAL” para preparar las soluciones osmóticas
- **Sal:** Se utilizó sal marca “REFISAL” para la preparación de las soluciones osmóticas

- **Azúcar:** Se utilizó azúcar marca “O” para la preparación de las soluciones osmóticas
- **Aceite Vegetal:** Se utilizó aceite de soya marca “O” para el proceso de freído de los chips de berenjena

3.4 VARIABLES

Variables Independientes

- Espesor de los chips (3mm y 4mm)
- Tipo de solución osmótica (Solución 1, 2 y 3 – Tabla 3.)

Variables Dependientes

- Humedad
- Contenido de grasa
- Peso
- Color
- Crocancia
- Apariencia
- Sabor residual a grasa

3.5 PROCEDIMIENTO

3.5.1 Evaluación de las condiciones de osmodeshidratación

- **Preparación de la muestra**

Se realizaron las debidas operaciones de acondicionamiento (pelado y lavado de las berenjenas). Se cortaron las berenjenas en rodajas con espesores de 3 y 4 mm. Se tomaron los pesos iniciales de las rodajas.

- **Preparación de la solución osmótica**

Se emplearon 3 soluciones osmóticas mezclando los solutos con agua potabilizada. Las soluciones son las mostradas en la tabla 3.

Tabla 3. Concentraciones de solutos utilizadas en la elaboración de las soluciones osmóticas

	Solutos	Concentraciones	Referencia
Solución 1	Azúcar + sal	45g de azúcar y 6g de sal en 100ml de agua	(Presotti et al. 2006)
Solución 2	Azúcar + sal	60g de azúcar y 8g de sal en 100ml de agua	(Presotti et al. 2006)
Solución 3	Azúcar	40g de azúcar en 100ml de agua	(Campos y Florez 2012)

- **Proceso de Osmodeshidratación**

El proceso de osmodeshidratación se realizó colocando las rebanadas de berenjena en un recipiente con una relación en peso berenjena solución osmótica de 1:4. Se registró el tiempo del proceso y se retiraron 5 unidades de muestra a intervalos de tiempo entre 10 y 20min. Se eliminó el exceso de agua de la muestra con papel secante. Se registró el peso de la muestra hasta alcanzar un peso constante (García 2013).

- **Tratamientos**

Para la aplicación de osmodeshidratación y freído en chips de berenjena se realizaron 8 tratamientos donde se varió el espesor de los chips y el tipo de solución empleada en el proceso de osmodeshidratación; estos tratamientos se muestran en la tabla 4. Los tratamientos 7 y 8 corresponden a un blanco, es decir a chips freídos sin ser osmodeshidratados con anterioridad

Tabla 4. Tratamientos para la aplicación de osmodeshidratación en chips de berenjena

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	Chips de 3mm en Solución 1
T2	Chips de 3mm en Solución 2
T3	Chips de 3mm en Solución 3
T4	Chips de 4mm en Solución 1
T5	Chips de 4mm en Solución 2
T6	Chips de 4mm en Solución 3
T7 (Blanco)	Chips de 3mm
T8 (Blanco)	Chips de 4mm

- **Freído**

Luego del desarrollo del proceso de osmodeshidratación de las rebanadas, estas fueron freídas en aceite vegetal por inmersión.

Al tener chips de berenjenas terminados, se procedió a realizarles los respectivos análisis fisicoquímicos (determinación de pérdida de peso, humedad y grasas) y análisis sensorial (prueba de aceptación); con los resultados de dichos análisis se escogió el mejor tratamiento.

- **Porcentaje de Pérdida de Peso**

Para la determinación del porcentaje de pérdida de peso se pesaron 5 rodajas de berenjena frescas por cada tratamiento (M_0) y las mismas 5 rodajas después del tratamiento de osmodeshidratación y freído (M_f). La cantidad de peso perdido se determinó por la siguiente ecuación:

$$\%PP = \left[\frac{M_0 - M_f}{M_0} \right] * 100 \quad (\text{Urbano et al 2012})$$

Dónde:

$\%P/P$ = porcentaje de pérdida de peso

M_0 = peso inicial de las rodajas de berenjena

M_f = peso final de las rodajas de berenjena después de ser osmodeshidratadas

- **Análisis sensorial**

La prueba sensorial fue realizada de la siguiente forma: a cada muestra de chips de berenjena osmodeshidratados y freídos se le evaluaron los atributos sensoriales de color, apariencia, crocancia y sabor residual a grasa, utilizando una prueba de aceptación con escala hedónica de 9 puntos con 25 jueces no entrenados, a los cuales se les hizo entrega de un formato, un vaso de agua y una muestra por cada tratamiento, este proceso se realizó en sesiones diferentes para no fatigar a los catadores. Con los resultados de esta prueba se llegó a la escogencia del mejor tratamiento. En el anexo A se muestra el formato que fue empleado para realizar la prueba.

- **Análisis Físicoquímicos**

Los análisis físicoquímicos realizados a los chips de berenjena osmodeshidratados y freídos se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis físicoquímicos realizados a los chips de berenjena osmodeshidratados

ANÁLISIS	REFERENCIA	MÉTODO
Humedad.	NTE INEM 518 de 1981	Gravimétrico
Materia Grasa.	NTE INEM 523 de 1981	Gravimétrico

3.5.2 Proceso de elaboración de chips de berenjena

Se evaluó el procedimiento de elaboración de los chips de berenjena por medio de la metodología descrita por el autor Rodríguez et al (2013).

3.5.3 Evaluación de la caducidad de los chips

Para la determinación del tiempo de vida útil de los chips de berenjena osmodeshidratados y fritos, se escogió el mejor tratamiento y se empacaron 10g de muestra en bolsas de polipropileno biorientado metalizado de 25 micras se sellaron y se almacenaron a tres temperaturas diferentes (25°C, 30°C y 35°C) para dar aplicación al

modelo cinético de Arrhenius. En las muestras se tuvo en cuenta el comportamiento de las características mostradas en la tabla 6.

$$k = k_0 \frac{E_A}{RT}$$

Dónde:

K= constante de velocidad

k_0 = constante de reacción

R= constante de gases ideales

T= temperatura (K)

E_A = energía de activación.

Tabla 6. Variables para la determinación de vida útil de los chips de berenjena

Análisis	Técnica	Referencia
Características Sensoriales (Color, Sabor y Textura)	Prueba de aceptación	Ibáñez y Bracina 2001
Humedad	Método gravimétrico	NTE INEM 518
Color	CELab Colorímetro Colorflex EZ 45 (HunterLab®)	Gómez 2013

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se trabajó con un diseño experimental completamente al azar con arreglo simple para los factores, espesor de los chips de berenjena en 2 niveles (3 y 4 mm) y tipo de solución osmótica en 3 niveles (soluciones 1, 2 y 3), para determinar las características fisicoquímicas, sensoriales y el porcentaje de pérdida de peso. Para determinar el tiempo de vida útil de los chips de berenjena se tuvo en cuenta los análisis mostrados en la tabla 6, los cuales fueron realizados 3 veces por semana hasta que se las características sensoriales fueran rechazadas por los catadores o hasta que el porcentaje de humedad estuviera por encima del valor máximo establecido por la NTE INEN 2561 de 2010. Se realizaron análisis de varianza y prueba de comparación por Tuckey para determinar si existen diferencias significativas al 5% utilizando el programa Minitab 16 versión de prueba.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS CHIPS DE BERENJENA Y DE LAS CONDICIONES DE OSMODESHIDRATACIÓN Y FREÍDO

En la figura 4 se puede observar el flujograma del proceso de elaboración de los chips de berenjena osmodeshidratados y freídos. En este se detalla todas las etapas que se llevan a cabo en el proceso de osmodeshidratación. Las condiciones en las que se llevó a cabo este procedimiento se basaron en estudios similares llevados a cabo por otros investigadores; Rodríguez et al. (2012) utilizaron rodajas de banano de 2,0 cm de diámetro y 2,0 mm de espesor y como agente osmodeshidratante se utilizó una solución de sacarosa de 45° Brix y 1,5% (p/p) de sal. Para la evaluación de la osmodeshidratación en chips de berenjena, se escogieron espesores de 3 mm y 4 mm pero no se tuvo en cuenta un diámetro exacto; De paula et al. (20106) en el estudio sobre optimización de la osmodeshidratación de ñame para fritura, concluyeron que la solución compuesta por 8 gr de NaCl, 60 gr de sacarosa y 100 ml de solución favorece la pérdida máxima de humedad en ñame; teniendo en cuenta esto, en la osmodeshidratación de chips de berenjena se escogieron tres soluciones que le proporcionaran a los chips características sensoriales agradables y a la vez favorecieran la deshidratación. Los chips osmodeshidratados se sometieron a fritura por inmersión en aceite de soya a 170°C por

un tiempo de 2 minutos y 30 segundos; las condiciones de fritura se establecieron luego de hacer un pre-ensayo en donde se evaluó características sensoriales para luego establecer las condiciones finales de esta etapa.

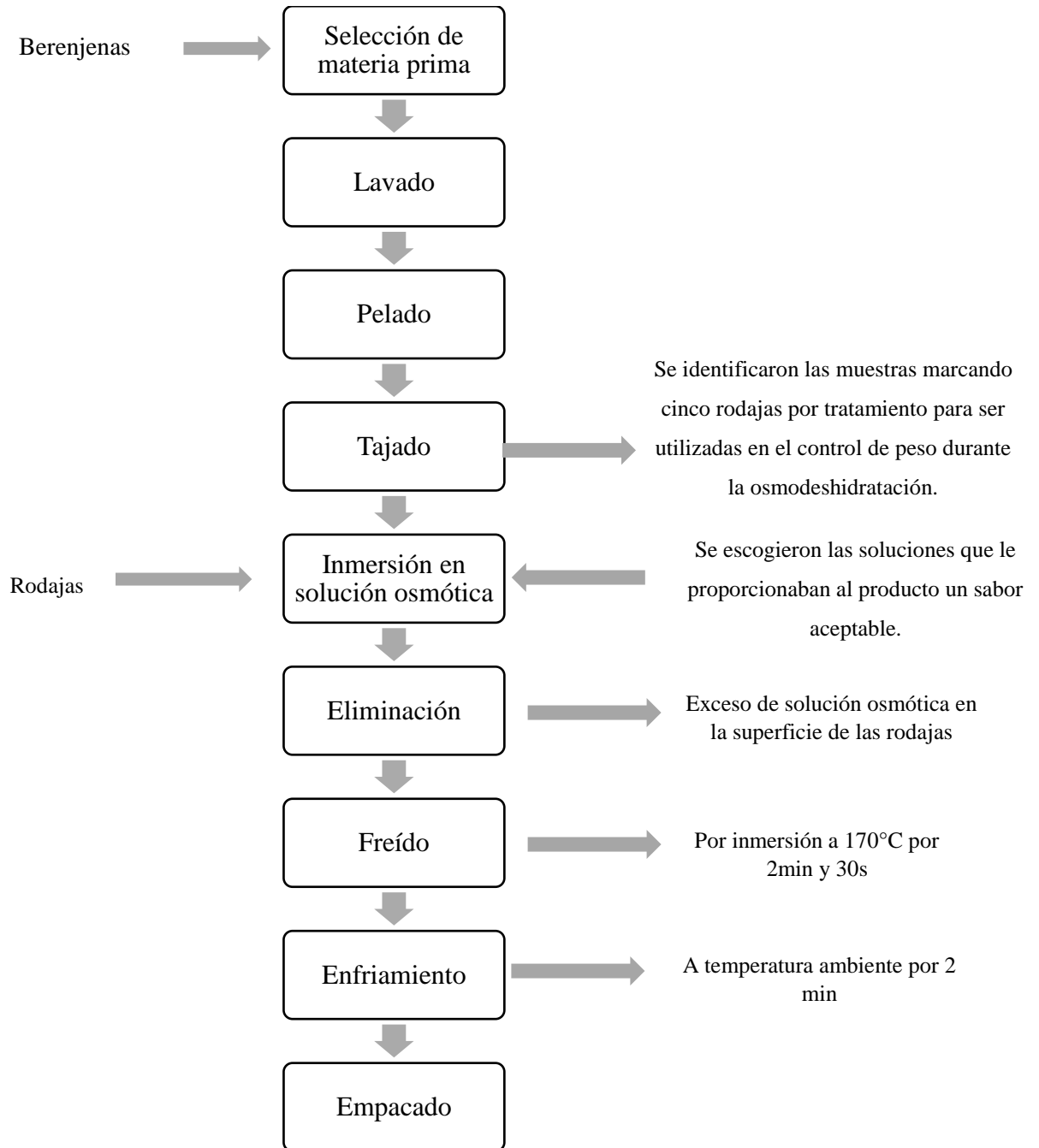


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de chips de berenjena osmodeshidratados y freídos

4.2 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PERDIDA DE PESO

En primera instancia se realizó la validación de supuestos del modelo para los datos de pérdida de peso, en la tabla 7 se enuncian estos resultados.

Tabla 7. Resultados Validación de supuestos del modelo para el porcentaje pérdida de peso

Pruebas	P-Valor
Homogeneidad de Varianzas (Prueba de Bartlett)	0,3235
Normalidad (Prueba de Shapiro Wilk)	0,4179
Independencia de Errores (Prueba de Durbin Watson)	0,534

Como se puede observar el P – valor en las pruebas de Bartlett, Shapiro Wilk y Durbin Watson son superiores a 0,05, esto indica que se da cumplimiento de los supuestos y se demuestra que hay igualdad de varianzas, los datos siguen una distribución normal y que no hay evidencia de errores correlacionados.

En la tabla 8 se muestra el análisis de varianza para la determinación del porcentaje de pérdida de peso

Tabla 8. Resultados análisis de varianza para la determinación del porcentaje de pérdida de peso

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	7	8426	1203,7	1050	$<2 \times 10^{-16}$
Error	16	18	1,1		
Total	23	8444			

Teniendo en cuenta que el p – valor = 2×10^{-16} es altamente significativo a un nivel del 5% se puede rechazar la hipótesis nula de que los medias de los porcentajes de pérdida de peso son iguales para los distintos niveles de los tratamientos. En la tabla 9 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Tabla 9. Resultados de la determinación del porcentaje de pérdida de peso para cada tratamiento

TRATAMIENTOS	Medias %P/P	DESVIACIÓN
T1	74,82 ^{*a}	1,67
T2	71,68 ^b	1,10
T3	70,81 ^{bc}	1,78
T4	69,20 ^{bcd}	0,96
T5	67,43 ^d	0,30
T6	68,23 ^{cd}	0,49
T7	37,01 ^e	0,72
T8	20,01 ^f	0,47

*Medidas con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tuckey al nivel del 5%

Se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos con y sin osmodeshidratación, presentando una pérdida de peso mayor en los osmodeshidratados, demostrando el efecto de osmodeshidratación como facilitador del secado del producto.

Dentro de los tratamientos con osmodeshidratación se observan diferencias altamente significativas entre los tratamientos 1 y 2 y los demás tratamientos. Estos representan a los chips de menor espesor en contacto con la solución osmótica 1. Krokida (2000) demostró que el transporte de agua y aceite es más intenso cuanto mayor es la temperatura del aceite y menor el espesor de la muestra. Costa y Oliveira (1999) explicaron que si el alimento se procesa en láminas, aquellas más gruesas presentan una menor área específica, reduciéndose el área relativa disponible para perder el agua; también el camino interno que tiene que recorrer el agua es más largo y se requiere más calor para evaporar dicha agua, además la corteza que se forma impide que el agua salga con facilidad.

Estos resultados difieren de un estudio hecho por Gómez et al. (2013) donde se sometieron a fritura al vacío chips de kiwis osmodeshidratados y se obtuvieron valores de porcentajes de pérdida de peso entre 44,9% y un 56,8%, y para los chips fritos sin osmodeshidratar los porcentajes de pérdida de peso oscilaron entre un 62,8% y un 69,9%, esto puede haber sucedido debido a que el espesor de los chips de kiwi era

inferior a los utilizados en el presente estudio, por lo cual la pérdida de peso en los chips de berenjena sin osmodeshidratar es menor.

4.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS CHIPS DE BERENJENA

Se realizó la validación de supuestos del modelo para los datos de porcentaje de humedad y grasa, en la tabla 10 se evidencian estos resultados.

Tabla 10. Resultados validación de supuestos del modelo para el porcentaje de humedad y grasa

	%Humedad	%Grasa
Pruebas	P-Valor	P-Valor
Homogeneidad de Varianzas (Prueba de Bartlett)	0,3892	0,873
Normalidad (Prueba de Shapiro Wilk)	0,5479	0,7325
Independencia de Errores (Prueba de Durbin Watson)	0,102	0,186

Se puede observar que para el %humedad y de grasa los P-valor son superiores a 0,05, esto indica que se da cumplimiento de los supuestos y se demuestra que hay igualdad de varianzas, los datos siguen una distribución normal y que no hay evidencia de errores correlacionados.

En la tabla 11 se muestra el análisis de varianza para la determinación del porcentaje de humedad.

Tabla 11. Resultados análisis de varianza para la determinación del porcentaje de humedad y grasa

%HUMEDAD					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	7	1128,9	161,27	409,5	$<2 \times 10^{-16}$
Error	16	6,3	0,39		
Total	23	1135,2			
%GRASA					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	7	9387	1341,0	313,4	$6,6 \times 10^{-16}$
Error	16	68	4,3		
Total	23	9455			

Debido a que el valor P del %humedad y el %grasa es altamente significativo a un nivel de 5%, se puede rechazar la hipótesis nula de que los medias de los porcentajes de

humedad y de grasa son iguales para los distintos niveles de los tratamientos. Por esto, se realizó el test comparativo de tuckey.

En la tabla 12 se muestran los resultados promediados de las características fisicoquímicas evaluadas en los chips de berenjena.

Tabla 12. Resultados del análisis fisicoquímico de los chips de berenjena

Tratamientos	Humedad (%)	DESVIACIÓN	Grasa (%)	DESVIACIÓN
1	2,904 ^a	0,69	43,315 ^a	2,88
2	2,409 ^a	0,21	39,33 ^{ab}	1,55
3	3,910 ^a	1,09	41,645 ^{ab}	1,24
4	3,528 ^a	0,76	36,028 ^b	1,82
5	2,994 ^a	0,57	39,175 ^{ab}	2,88
6	3,398 ^a	0,48	40,400 ^{ab}	2,27
7	19,377 ^b	0,15	86,290 ^c	0,98
8	18,607 ^b	0,54	84,550 ^c	2,08

*Medidas con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tuckey al nivel del 5%.

Los chips de berenjena son considerados snacks y pueden ser regidos por la Norma Técnica Ecuatoriana “NTE INEN 2561 de 2010 Requisitos: para bocaditos de productos vegetales”. Según esta norma este tipo de productos debe cumplir con ciertos requisitos bromatológicos, la humedad no debe sobrepasar el valor de 5% y el contenido de grasa no debe ser superior al 40%.

Los valores en cuanto al porcentaje de humedad estuvieron en un rango de 3,398% a 2,409% entre los tratamientos 1 y 6 a los cuales se les aplico osmodeshidratación, mientras que los tratamientos 7 y 8 que no se les aplico osmodeshidratación, presentaron porcentajes de 19,377% y 18,607% respectivamente. De los tratamientos a los que se les aplicó osmodeshidratación el 1 presentó el valor de humedad más alto con un 3,398%, sin embargo, cumple con los requisitos bromatológicos indicados por la norma NTE INEN 2561 de 2010 Mientras que los resultados de los tratamientos 7 y 8 están muy por encima de lo permitido por dicha norma. Con esto podemos decir que al aplicar osmodeshidratación a los chips de berenjena se reduce considerablemente el porcentaje de humedad en el producto final, esto se debe a que al someter los chips a un proceso de osmodeshidratación el producto gana solutos en los espacios intracelulares y celulares

que estaban ocupados por el agua, y luego, al freírse, el agua que no se liberó en la osmodeshidratación se evapora (Rodríguez et al 2013).

Villada et al. (2009) reportaron valores de humedad de 3,8% y 4,5% en chips de yuca osmodeshidratados y freídos. Mientras que en un estudio realizado por Zuluaga et al. (2013) en chips de banano osmodeshidratados y freídos se reportó un porcentaje de humedad de 19,2% en este producto. Guzmán et al. (2012) encontró valores de humedad de 50,09% en trozos de papa criolla osmodeshidratados y fritos. Al comparar los resultados reportados por estos autores con la norma NTE INEN 2561, se puede notar que los chips de yuca osmodeshidratados y freídos son los únicos que cumplen con el valor máximo permitido de humedad el cual es de 5%.

En los resultados arrojados por el análisis estadístico de la variable humedad no hubo diferencia significativa al nivel del 5% entre los tratamientos 1,2,3,4,5, y 6; y los tratamientos 7 y 8 son iguales entre sí, pero muestran diferencias significativas al nivel del 5% con respecto a los demás tratamientos. Esto demuestra que la aplicación de osmodeshidratación en este producto afecta significativamente el contenido de humedad.

El análisis estadístico indica que hubo diferencias significativas en el contenido de grasa de los tratamientos 1 y 4. Los tratamientos 2, 3, 5 y 6 no presentaron diferencias significativas al compararlos con los tratamientos 1 y 4. Los tratamientos 7 y 8 son diferentes al nivel del 5% de significancia, pero iguales entre sí.

La razón por la que existe diferencia entre los tratamientos 1 y 4 puede ser por el espesor de los chips, ya que, ambos tratamientos fueron preparados en la misma solución osmótica pero difieren en los espesores en que fueron rebanados los chips, el tratamiento 1 tiene un espesor de 3mm y el tratamiento 4 un espesor de 4mm. Suaterna (2008) dice que la gran mayoría de grasa absorbida por un alimento durante la fritura se localiza en la superficie en contacto con el aceite o grasa, por lo tanto, el tamaño y la forma son importantes al considerar la cantidad de grasa absorbida, por esto, cuando el tamaño disminuye, aumenta significativamente el contenido de grasa en forma lineal.

Al comparar los resultados con los requisitos bromatológicos que indica la NTE INEN 2561 de 2010, se puede decir que los tratamientos 1, 3, 6, 7 y 8 no cumplen con el porcentaje de grasa máximo que estipula la norma, el cual es de 40%.

Analizando el contenido de grasa de los chips de berenjena en los diferentes tratamientos, podemos notar que los que fueron sometidos a osmodeshidratación presentaron menor porcentaje de grasa comparándolos con los que no se les aplicó este proceso. Esto se debe a que al momento de la osmodeshidratación el agua sale de los espacios intracelulares y celulares y este espacio que deja, es ocupado por los solutos de la solución osmótica; al momento del freído el aceite ocupa los pocos espacios que aún se encuentren libres, lo que da como resultado un porcentaje de grasa bajo. Mientras que en los chips a los que no se les aplicó osmodeshidratación, al momento del freído un gran porcentaje de agua se evapora y ese espacio que queda en el interior de las células al no haber solutos, es ocupado por el aceite, lo que genera un porcentaje de grasa muy alto (Rodriguez et al. 2013).

Villada et al (2009) reportan porcentajes de grasa de 18% y 19% en chips de yuca osmodeshidratados y fritos. Un estudio realizado por Gil et al (2014) en trozos de papas fritos arrojó resultados de 6,38% y 16,38% en el contenido de grasa. Los datos reportados en el presente estudio están muy por encima de las investigaciones realizadas por Villada et al. (2009) y Gil et. Al (2014), debido a que la berenjena es un vegetal más poroso que la yuca y la papa, y esta característica hace que sea más propensa a absorber más aceite al ser sometida al proceso de freído.

4.4 ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS CHIPS DE BERENJENA

En la tabla 13 se muestra el valor promedio para cada atributo sensorial de los diferentes tratamientos.

Tabla 13. Resultados prueba de aceptación de chips de berenjena

Tratamientos	Color	Apariencia	Crocancia	Sabor Residual a Grasa
1	7,200 * ^a	6,960 ^a	6,160 ^{ab}	5,720 ^a
2	7,080 ^a	6,920 ^a	7,000 ^a	6,280 ^a
3	6,240 ^{ab}	5,960 ^a	7,400 ^a	6,880 ^a
4	5,640 ^b	5,640 ^a	5,040 ^b	5,760 ^a
5	6,440 ^{ab}	6,960 ^a	6,960 ^a	6,200 ^a
6	6,480 ^{ab}	6,280 ^a	5,000 ^b	5,960 ^a
7	6,680 ^{ab}	6,280 ^a	3,080 ^c	2,720 ^b
8	6,640 ^{ab}	6,000 ^a	3,240 ^c	2,600 ^b

*Medidas con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tuckey al nivel del 5%

El análisis sensorial fue realizado con el fin de escoger los mejores tratamientos. En lo que respecta al atributo del “color” los tratamientos 1 y 2 no presentaron diferencias significativas al nivel del 5% y fueron los más aceptados por los catadores. Para el atributo de la “apariciencia”, los tratamientos 1 y 5 no presentaron diferencias significativas al nivel del 5%, siendo estos dos los más aceptados por los catadores. Los tratamientos 2 y 3 no presentaron diferencias significativas al nivel del 5% y fueron los que tuvieron mayor aceptación por los panelistas en cuanto al atributo de la “crocancia”. Y por último para el atributo de “sabor residual a grasa” los tratamientos 2 y 3 fueron los más aceptados por los panelista y no presentaron diferencias significativas entre si al nivel del 5%.

A los tratamientos 7 y 8 no se les aplicó osmodeshidratación, se puede notar que en los atributos sensoriales de “crocancia” y “sabor residual a grasa” fueron calificados con muy bajas puntuaciones por los catadores, demostrando que al aplicar osmodeshidratación se obtienen mejores características sensoriales en los chips de berenjena y mayor aceptación por los panelistas.

En lo que hace referencia al análisis sensorial de los chips de berenjena osmodeshidratados y freídos, el tratamiento que se escogió fue el número 2 debido a que fue aceptado por los catadores en mayor número de veces en comparación al resto.

Este tratamiento 2 fue escogido para la determinación del tiempo de vida útil de los chips de berenjena, ya que fue el más aceptado sensorialmente y los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a este tratamiento mostraron que el porcentaje de humedad y de grasa cumple con lo establecido en la norma NIT INEN 2561 para snacks y botanas vegetales.

4.5 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CADUCIDAD DE LOS CHIPS DE BERENJENA

4.5.1 Humedad

En la tabla 14 se puede observar los resultados ponderados del porcentaje de humedad evaluado en los chips de berenjena durante los días de almacenamiento. Las mediciones de humedad se realizaron hasta que esta sobrepasara el 5%, el cual es el valor máximo permitido por la NTE INEM 2561 de 2010.

Para los chips de berenjena almacenados a la temperatura de 25, 30, y 35 °C el contenido de humedad sobrepasó el límite establecido por la norma NTE INEN 2561 los días 27, 21 y 4, respectivamente; notándose diferencias significativas a medida del paso de los días.

Tabla 14. Resultados del análisis del %Humedad para el estudio de caducidad de los chips de berenjena

	25°C	30°C	35°C
DÍAS	%H	%H	%H
0	0,02* ^f	0,02* ^f	0,11* ^c
1	1,05 ^e	0,67 ^f	2,13 ^b
2	1,62 ^e	2,02 ^e	2,03 ^b
3	2,69 ^d	3,13 ^d	4,63 ^a
4	-	-	5,23 ^a
6	3,57 ^c	3,68 ^{cd}	-
8	3,55 ^{cd}	3,74 ^{cd}	-
10	4,11 ^{bc}	3,88 ^d	-
14	4,34 ^{bc}	4,31 ^{bc}	-
16	4,55 ^b	4,76 ^{ab}	-
21	4,75 ^b	5,28 ^a	-
23	4,97 ^{ab}	-	-
27	5,79 ^a	-	-

*Medidas con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tuckey al nivel del 5%.

Las variaciones en el contenido de humedad se pueden relacionar con factores como el tipo de empaque y las condiciones del almacenamiento. Es necesario analizar el comportamiento de esta variable ya que cuanto mayor sea la humedad el alimento será más propenso a la contaminación microbiana y será más rápida la descomposición de los aceites en productos fritos, por ende, es una variable importante para tener en cuenta en la determinación de su vida útil (Alam et al 2011)

Abong et al (2011) evaluaron el efecto de varios tipos de empaques y temperatura de almacenamiento sobre la vida útil de chips de papa, reportando que mientras mayor sea la temperatura de almacenamiento el contenido de humedad aumenta en menor tiempo; situación que concuerda con los datos experimentales del presente estudio.

Los resultados del porcentaje de humedad para la determinación del tiempo de vida útil se encuentran en el Anexo B. Se observa que el comportamiento de la variable humedad y de Ln de humedad, no es lineal por ello no se puede relacionar la vida útil de los chips con la ecuación de Arrhenius.

4.5.2 Prueba de Aceptación Sensorial

En la tabla 15. se muestra el valor promedio para cada atributo sensorial en los diferentes días.

Tabla 15. Resultados del análisis sensorial para el estudio de caducidad de los chips de berenjena

Días	25°C			30°C			35°C		
	Color	Sabor	Textura	Color	Sabor	Textura	Color	Sabor	Textura
0	7,0* ^a	7,32 ^a	6,68 ^a	7,0 ^a	7,32 ^{ab}	7,04 ^a	7,08 ^a	7,32 ^a	6,68 ^a
1	6,64 ^{ab}	7,04 ^a	6,92 ^a	6,6 ^{ab}	7,48 ^a	6,92 ^a	6,20 ^{ab}	7,24 ^a	7,12 ^a
2	6,04 ^{ab}	7,0 ^a	6,6 ^a	6,0 ^{abc}	7,36 ^{ab}	6,88 ^a	5,88 ^{ab}	6,44 ^a	5,08 ^b
3	5,92 ^{ab}	6,44 ^a	6,52 ^a	6,0 ^{abc}	7,0 ^{ab}	6,68 ^{ab}	5,44 ^b	4,44 ^b	3,24 ^c
4	-	-	-	-	-	-	5,40 ^b	3,92 ^b	3,20 ^c
6	6,08 ^{ab}	6,36 ^{ab}	6,08 ^a	5,4 ^{bc}	6,12 ^{bc}	6,48 ^{abc}	-	-	-
8	5,76 ^{ab}	6,68 ^a	6,32 ^a	5,8 ^{abc}	6,08 ^{bc}	5,84 ^{abc}	-	-	-
10	5,8 ^{ab}	5,08 ^{bc}	6,16 ^a	5,7 ^{abc}	5,7 ^c	5,72 ^{abc}	-	-	-
14	5,52 ^b	4,76 ^c	6,04 ^a	5,6 ^{bc}	5,4 ^c	5,08 ^c	-	-	-
16	5,6 ^b	4,36 ^c	5,72 ^a	5,2 ^c	4,88 ^c	5,28 ^{bc}	-	-	-

*Medidas con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tuckey al nivel del 5%.

La vida útil sensorial de los chips de berenjena fue evaluada a tres temperaturas de almacenamiento.

Para la temperatura de 25°C los resultados indican que en los chips de berenjena no hubo diferencias altamente significativas al nivel del 5% con respecto a los atributos de color y textura, para estos atributos las puntuaciones no alcanzaron el valor de 5, que equivale en la escala hedónica utilizada en la prueba de aceptación al enunciado “Me es indiferente”. En lo que respecta al atributo del sabor se alcanza la puntuación de 5 en el día 10. Se puede utilizar este criterio como criterio de rechazo porque el producto fue aceptado por menos del 70% del panel de catadores (Anexo F) (Chaib 1983). Utilizando este método se puede decir que la vida útil de los chips de berenjena a 25°C es de 10 días basándose en el sabor como criterio de evaluación. Se puede decir que la vida útil de los chips de berenjena a 30°C es de 14 días fundamentándose en el sabor y la textura como criterios de estimación. Y para la temperatura de 35°C los atributos sensoriales de

sabor y textura fueron los más críticos. La textura fue el atributo que presentó calificaciones menores a 5 en el día 3, basándose en estos resultados la vida útil de los chips de berenjena almacenados a una temperatura de 35°C es de 2 días.

Se observa que el sabor fue el atributo donde los catadores evaluaron con menor aceptación el producto con el paso de los días de almacenamiento. Esta situación se puede relacionar con la humedad adquirida, la cual es responsable de que el aceite presente en el alimento se deteriore fácilmente generando rancidez y la presencia de sabores residuales desagradables los cuales son percibidos por los consumidores. Además, el almacenamiento de frituras a temperaturas más altas aumenta los niveles de peróxidos, por la hidrólisis y la oxidación de aceites. De ello se deduce que este tipo de productos en zonas calientes desarrollarán la rancidez más rápido en comparación con los de las zonas frías (Okoth et al 2011).

El desarrollo de rancidez en los alimentos fritos durante el almacenamiento es conocido por ser un factor crítico que limita la vida útil de los productos almacenados (Asap y Augustin 2012). El comienzo de la rancidez suele ser una consecuencia de reacciones de oxidación de los lípidos presentes en el alimento y puede ser minimizada por la elección adecuada de embalaje y condiciones de almacenamiento (Abong et al 2011).

La disminución de la mayoría de las puntuaciones de los atributos sensoriales indica que los consumidores son capaces de detectar los cambios que se producen en los chips de berenjena almacenados.

Los resultados del análisis sensorial para la determinación de vida útil se encuentran registrados en el Anexo C. Se observa que el comportamiento de los atributos de color y sabor no es completamente lineal por ello no es posible relacionar la vida útil de los chips con la ecuación de Arrhenius. Mientras que la textura sí tuvo un comportamiento lineal, por lo tanto se calculó la constante de velocidad (k) de la ecuación de Arrhenius para cada una de las temperaturas de almacenamiento evaluadas (Tabla 16).

Tabla 16. Valores hallados de la constante de velocidad (k) de la ecuación de Arrhenius de los atributos sensoriales (color, sabor y textura).

Textura				
Temperatura (°C)	Temperatura (°K)	1/T	k	Ln k
25	298,15	0,00335402	0,0095	-4,65646348
30	303,15	0,0032987	0,0198	-3,92207334
35	308,15	0,00324517	0,2849	-1,25561704

En la figura 5 se muestra el comportamiento logarítmico de la constante de velocidad k con respecto al inverso de la temperatura, al realizar el ajuste lineal de la curva obtenida se puede notar que los coeficiente de determinación R^2 arrojan valores de 0,90, esto indica que con la cinética del comportamiento del atributos sensorial (textura) no es posible obtener un valor exacto y confiable del tiempo de caducidad de los chips de berenjena.

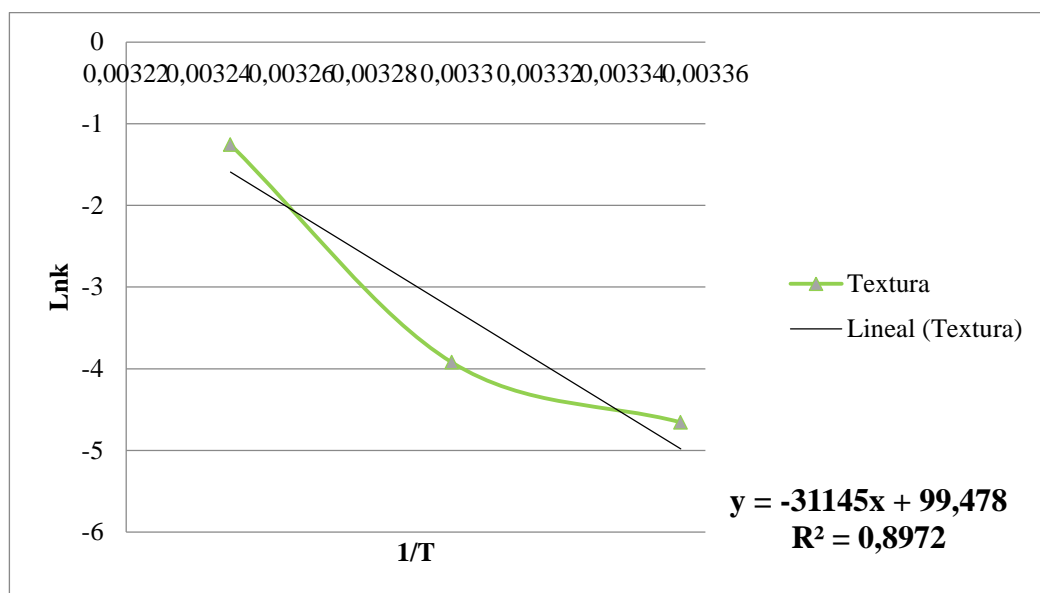


Figura 5. Cinética del deterioro de chips de berenjena en función de los atributos sensoriales (Color, sabor y textura)

4.5.3 Colorimetría

En la tabla 17 se tienen los resultados de las coordenadas colorimétricas L* (luminosidad), a* (cromaticidad verde-rojo) y b* (cromaticidad azul-amarillo) medidas en los chips de berenjena durante almacenamiento a diferentes temperaturas (25°C, 30°C y 35°C).

Tabla 17. Resultados de las coordenadas colorimétricas

DIAS	25°C			30°C			35°C		
	L	a	b	L	A	b	L	a	B
0	34,06 ^a	13,01 ^a	26,72 ^a	31,41 ^a	13,82 ^a	24,04 ^a	43,43 ^a	12,37 ^a	27,38 ^a
1	35,94 ^b	13,39 ^b	26,08 ^b	27,72 ^b	14,38 ^b	18,79 ^b	22,71 ^b	10,08 ^b	12,54 ^b
2	39,72 ^c	13,08 ^c	28,74 ^c	28,76 ^c	13,5 ^c	20,22 ^c	39,18 ^c	8,94 ^c	24,76 ^c
3	-	-	-	-	-	-	45,55 ^d	8,41 ^d	28,45 ^d
4	-	-	-	-	-	-	41,37 ^e	10,02 ^e	27,16 ^e
6	38,26 ^d	12,94 ^d	28,48 ^d	31,76 ^d	14,45 ^d	24,12 ^d	-	-	-
7	34,68 ^e	15,31 ^e	27,28 ^e	35,77 ^e	13,65 ^e	24,54 ^e	-	-	-
8	33,56 ^f	13,41 ^f	30,32 ^f	26,28 ^f	13,33 ^f	23,02 ^f	-	-	-
9	38,18 ^g	17,32 ^g	29,69 ^g	30,64 ^g	13,1 ^g	20,95 ^g	-	-	-
14	41,21 ^h	14,32 ^h	35,21 ^h	36,51 ^h	20,03 ^h	25,38 ^h	-	-	-
15	43,53 ⁱ	16,54 ⁱ	31,42 ⁱ	28,45 ⁱ	14,32 ⁱ	18,34 ⁱ	-	-	-
16	39,56 ^j	15,48 ^j	29,51 ^j	31,23 ^j	16,43 ^j	24,54 ^j	-	-	-

Al comparar estadísticamente los resultados de estos parámetros se observa que existen diferencias significativas al nivel del 5% entre todos los días de almacenamiento para cada temperatura.

Los datos no mostraron una tendencia de aumento o disminución, y a pesar de ser diferentes estadísticamente los valores son muy cercanos entre sí, esto puede ser porque los chips berenjena no presentan un color superficial uniforme.

En general la aplicación de osmodeshidratación a los chips de berenjena les proporciona un leve oscurecimiento (Anexo E), esto se da debido a la reacción de Maillard la cual

necesita que haya presencia de carbohidratos (Shibao y Markowics 2011), que este caso fueron proporcionados por la sacarosa presente en las soluciones osmóticas empleadas, a su vez, reacciona en función del calor, proporcionándole un color dorado o marrón

Schwartz (1993) afirman que si el freído se realiza a temperaturas moderadas el daño que se produce sobre el color es mínimo y hay una mayor retención de compuestos volátiles, además, se inhibe el pardeamiento enzimático. Gomez et al (2013) dice que el color se ve claramente afectado por las condiciones de proceso, principalmente por el tiempo, la temperatura y los pretratamientos.

Los resultados del estudio de color para la determinación de vida útil se encuentran registrados en el Anexo D.

Se observa que el comportamiento de las coordenadas colorimétricas L^* (luminosidad), a^* (cromaticidad verde-rojo) y b^* (cromaticidad azul-amarillo) no tienen un comportamiento completamente lineal, por lo tanto no pueden ser utilizadas para relacionar la vida útil de los chips de berenjena con la ecuación de Arrhenius.

5. CONCLUSIONES

- Se consiguió establecer unas condiciones de osmodeshidratación favorables obteniendo un producto aceptable.
- Se logró estandarizar un proceso de elaboración de chips de berenjena basándose en metodologías utilizadas por otros autores.
- La osmodeshidratación logró mejorar significativamente las características sensoriales de los chips de berenjena, resultando como mejor tratamiento los chips con espesor de 3 mm osmodeshidratados en la solución preparada con 60 g de azúcar y 8 g de sal en 100 ml de agua (tratamiento 2). Este tratamiento cumplió con los requisitos sensoriales dados en la normatividad NTE INEN 2561 de 2010 para snacks y botanas vegetales.
- Con las variables evaluadas en el estudio de caducidad con Arrhenius no se logró identificar un parámetro determinante que ayudará a considerar un tiempo de vida útil exacto de los chips de berenjena; sin embargo se estimó una vida útil sensorial aproximada de 14 días para los chips almacenados a 30°C, siendo el sabor el atributo más crítico.

6. RECOMENDACIONES

- Se debe determinar mediante estudios microbiológicos la inocuidad de los chips de berenjena con y sin osmodeshidratación en relación al tiempo de almacenamiento.
- Se debe realizar otros estudios utilizando un método de agitación para disminuir el tiempo de secado.
- Para la determinación de vida útil es importante realizar pruebas midiendo otras variables que permitan aplicar la ecuación de Arrhenius y evidenciar con mayor claridad el deterioro de los chips de berenjena como por ejemplo medición de la actividad de agua utilizado por Untuña (2013) y el índice de peróxido utilizado por Abong et al (2011) en la determinación de vida útil de papas fritas, y %acidez utilizado por Romero y Paz (2001) también en papas fritas.
- Realizar investigaciones futuras referentes a la berenjena, ya que presentan componentes nutricionales que favorecen a nuestra salud.

7. REFERENCIAS

- **Abong G., Okoth W., Imungi J. y Kabira N. 2011.** Effect of packaging and storage temperature on the shelf life of crisp from four Kenyan potato cultivars. *American Journal of Food Technology*, 6(2): 1557-1571.
- **AGRONET, 2008.** Área y producción agrícola y pecuaria. <http://www.agronet.gov.co>. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (con acceso el 26/02/16).
- **Alam S., islam R., Begum F., Sarkar A. y Banu S. 2011.** Abundance on fungal flora in relation to moisture content and storage period in different types of poultry feed ingredients. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4: 1194-1197.
- **Alvis A., García M. y García C. 2015.** Evaluación de los Pretratamientos de Deshidratación Osmótica y Microondas en la Obtención de Hojuelas de Mango (*Tommy Atkins*). *Revista Scielo*, 26(5): 63-70.
- **Aramendiz, H.; Hoyos, F.; García, E. 1999.** Estimación de la variabilidad genética en una población criolla de berenjena (*Solanum melongena L.*) en el departamento de Córdoba. *Temas Agrarios (Colombia)*. 4(8):117-125.
- **Asap T. y Augustin M. 2012.** Effect of frying oil quality and TBHQ on the shelf-life of potato crisp. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37: 1045-1051.

- **Campos A. y Florez D. 2012.** Deshidratación osmótica de placas de chayote (*Sechiumedule*) utilizando soluciones hipertónicas de cloruro de sodio y sacarosa. Tesis Ingenieros de Alimentos, Universidad Veracruzana, Orizaba.
- **Cañizares, O. Bonafine, D. Laverde. 2007.** Deshidratación de productos vegetales. <https://n-1.cc/file/download/1854720> [Marzo 13 de 2014]
- **Casp A. Y Abril J. 2003.** Procesos de conservación de alimentos, Edita MV, Madrid, España, pp 3266-333
- **Castrillo G., Perez L. y Sanjosé A.** Chips de vegetales (en línea) 2010. http://www.catedu.es/ctamagazine/images/stories/articulo_del_mes/octubre2009/chips_vegetales.pdf. Acceso: noviembre 25 de 2015
- **Chaib, M. 1983.** Metodos para avaliacao sensorial dos alimentos. 4ta edición. Companinas Unicamp. 62p.
- **De la Espriella, I. 2010.** Determinación de la vida útil de spaghetti y fideos doria (elaborados en barranquilla) bajo condiciones aceleradas. Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad de la Salle, Bogotá.
- **De la Roca P. 2010.** Secado de alimentos por métodos combinados: deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente. Tesis Magister en Tecnología de los Alimentos, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.
- **De Paula C. 2012.** Guías de Laboratorio de Análisis Sensorial – Universidad de Córdoba.
- **FAO 2009.** http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/BERNJENA.HTM. Accedida el 11 de Septiembre de 2015
- **FAO 2008.** http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/BERNJENA.HTM. Accedida el 11 de Septiembre de 2015
- **Galdamez, L.; Castro, A.; Cundapi, R.; Morales, M. 2013.** Proyecto cultivo de berenjena. Tesis ingeniero agrónomo, Universidad autónoma de Chiapas, Villaflores, Chiapas.
- **García C. 2013.** Guía de laboratorio Operaciones Unitarias II. Universidad de Córdoba.

- **Gil E., Amaya L., Quispe J., Narro L., Zavaleta A. y Gutierrez A. 2014.** Efecto de la deshidratación osmótica y cobertura con hidrocoloides en la disminución de absorción de grasa en trozos de papa (*Solanum tuberosum*) frita. *Agroindustrial Science* 4: 87-93.
- **Gobernación de Córdoba. 2012.** [12w34rt6uioCereté historia y geografía. http://www.cordoba.gov.co/cordobavivedigital/CordobaTuristica_ZonaMedioSinu_Cerete.html](http://www.cordoba.gov.co/cordobavivedigital/CordobaTuristica_ZonaMedioSinu_Cerete.html). [Marzo 13 de 2014]
- **Gomez S. 2013.** Efecto de las condiciones de fritura a vacío en el procesado de chips de kiwi (*actinia chinensis*). Tesis Master en Ciencia e Ingeniería de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia.
- **Greco, M. 2011.** Estudio de procesos de deshidratación industrial de ajo con la finalidad de preservar alicina como principio bioactivo. Tesis licenciada en bromatología, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- **Guzman L., Acevedo L. y Granados C. 2012.** Efecto del escaldado, deshidratación osmótica y recubrimiento en la pérdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de papa criolla fritas. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10 (2): 170-176.
- **Ibañez F. y Barcina Y. 2001.** Análisis sensorial de alimentos, métodos y aplicaciones. Editorial Springer-Verlag 2001, Barcelona, España. p96.
- **Instituto Geográfico Colombiano Agustín Codazzi. 2012.** Localización corregimiento El Retiro de los Indios.
- **ITESCA. 2011.** Deshidratación: Secado y liofilización. *Revista Virtual Pro Procesos Industriales*. 2(117): 27-33.
- **Leiva, D. y Gómez, D. 2009.** Efecto del pretratamiento de deshidratación osmótica sobre las propiedades físicoquímicas de la papaya (*Carica Papaya L.*) en un proceso de liofilización. Tesis Ingeniero de Producción Agroindustrial, Universidad de la Sabana, Chía-Cundinamarca
- **Lucas J.; Quintero V.; Vasco J. y Cuellar L. 2011.** Evaluación de los parámetros de calidad durante la fritura de rebanadas de papa criolla. *Rev. Scientia et Technica*. 2(48): 299-304.

- **Maradiaga D. 2008.** Estudio de la situación actual de la producción y exportación de berenjena (*Solanum melongena*) y pepino peludo (*Cucumis sativus*) caso; Comayagua, Honduras. Tesis Ingeniera en Administración de Agronegocios en el Grado Académico de Licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras.
- **Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E. y Barrufet, M. A. 1999.** Deep-fat Frying: Fundamentals and Applications. An aspen publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland. 350p.
- **Mottur, G. 2009.** A Scientific Look at Potato Chips. The Original Savory Snack. The American Association of Cereal Chemistry. Cereal Food World. 34(8): 620-631. (1989)
- **Moya, K. 2011.** Determinación de la calidad en papas tipo french fries mediante visión computacional y estudio de sus propiedades físicas. Tesis pregrado. Universidad de Chile. 82p
- **NTE INEN 0518,** Norma Técnica Ecuatoriana sobre Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento, 1-3, Quito, Ecuador (1981).
- **NTE INEN 0523,** Norma Técnica Ecuatoriana sobre Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa, 1-3, Quito, Ecuador (1981).
- **NTE INEN 2561,** Norma Técnica Ecuatoriana sobre Bocaditos de Productos Vegetales. Requisitos, 1-3, Quito, Ecuador (2010)
- **Palomo, I.; Gutiérrez, M.; Astudillo, L.; Rivera, C.; Torres, C.; Guzmán, L.; Moorecarrasco, R.; Carrasco, G.; Alarcón, M. 2009.** Efecto antioxidante de frutas y hortalizas en la zona central de Chile. Rev. Chilena de Nutrición. 36(2):152-158.
- **Presotti I., Ribeiro M., Fernandes A., De Paula C. y Cruz J. 2006.** Optimización de la deshidratación osmótica en ñame (*Colocasia esculenta*) para fritura. Revista B. CEPPA, 24(2): 303-318.
- **Pro-Chile.** Estudio de mercado de snacks de fruta deshidratada EE.UU (en línea) 2011. http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files_mf/documento_08_12_11174052.pdf. Acceso: noviembre 25 de 2014.

- **Raigon, D.M.; Prohens, J.; Muñoz-Falcon, J.; Nuez, F. 2008.** Comparison of eggplant landraces and comercial varieties for fruit content of phenolics, minerals, dry matter and protein. *J. Food Composition and Analysis*. 21(5):370- 376.
- **Ramírez M.,** bases de la conservación de alimentos. 2007, tecnología de los alimentos Doc. En línea: <<<https://melenaramirez.files.wordpress.com/2013/08/tema2-basesconservacion.pdf> >> (accedido: 08/03/2016)
- **Rodriguez D., Zuluaga C., Puerta L. y Ruiz L. 2013.** Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fritura de banano osmodeshidratado. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1):123-129.
- **Schwartz M. 1999.** Principios y aplicaciones de métodos de factores combinados en la transformación de frutas. II Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas 120p.
- **Shafiur M. 2003. Manual de conservación de los alimentos.** Editorial Acribia, Zaragoza (España). pp 125-126
- **Shibao J. y Markowics D. 2011.** Produtos da reacao de Maillard em alimentos: implicacoes para saúde. *Revista Nutrição* 24(6): 895-904.
- **Sierra G. R. A 2010.** Estudio de la deshidratación osmótica de la arveja china (*pisumsativuml.*) mediante dos metodologías, directa e indirecta, como alternativa tecnológica al sector hortofrutícola del país. Tesis licenciatura Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala.
- **Suaterna A. 2008.** La fritura de los alimentos: perdida y ganancia de nutrientes en los alimentos fritos. *Perspectivas en Nutrición Humana* 10(1): 77-88
- **Suca C. 2007.** Deshidratación osmótica de alimentos. *Boletín de divulgación tecnológica agroindustrial*. 1(1): 10-22
- **Tirado, D., Acevedo, D., Guzman, L., 2012,** Efecto de variables de freído en características sensoriales de tilapia *Oreochromis niloticus*, *Ciencias e ingeniería al día*, 7 (2): 19-28.
- **Urbano A., García P. y Martínez J. 2012.** Evaluación del comportamiento de yuca (manhiot esculeta Cranz) en el proceso de fritura a vacío de chips. Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad Politecnica de Valencia. Valencia, España.

- **USDA National Nutrient Database for Standard Reference. 2011.** Web: <http://ndb.nal.usda.gov/>. Accedida el 3 de Noviembre de 2013
- **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 ingeniero de alimentos, Universidad Tecnica de Ambato, Ambato.
- **Vargas V. 2012.** Elaboración de té aromático a base de plantas cedrón (*alloysiacitrodora*) y toronjil (*mellisaofficinalis*) procesado con stevia (*steviarebaudianabertoni*) endulzante natural, utilizando el método de deshidratación. Tesis Ingeniero Industrial, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga - Ecuador
- **Vélez, J. y Hernández, J. 1999.** Revisión: Proceso de fritura de alimentos. Rev. Información Tecnológica 10(2): 127-134
- **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. Universidad Francisco de Paula Santander.
- **Zuluaga C., Rodriguez D., Puerta L. y Ruiz L. 2013.** Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fritura de banano osmodeshidratado. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 11(1):123-129.

ANEXOS

ANEXO A. Formato para prueba de aceptación sensorial

EVALUACION SENSORIAL DE CHIPS DE BERENJENA

Nombre: _____ Fecha: _____

Por favor, evalúe las dos muestras de chips de berenjena utilizando la escala de abajo para describir cuanto le gustó o disgustó a usted el color (C), la apariencia (A), crocancia (CR), y el sabor residual a grasa (SRG). Marque la posición de la escala que mejor representa su juzgamiento.

Atributo	Código Muestra			
	C	A	CR	SRG
Me Gusta extremadamente				
Me Gusta mucho				
Me Gusta moderadamente				
Me Gusta ligeramente				
Indiferente				
Me Disgusta ligeramente				
Medisgusta moderadamente				
Me Disgusta mucho				
MeDisgustaextremadamente				

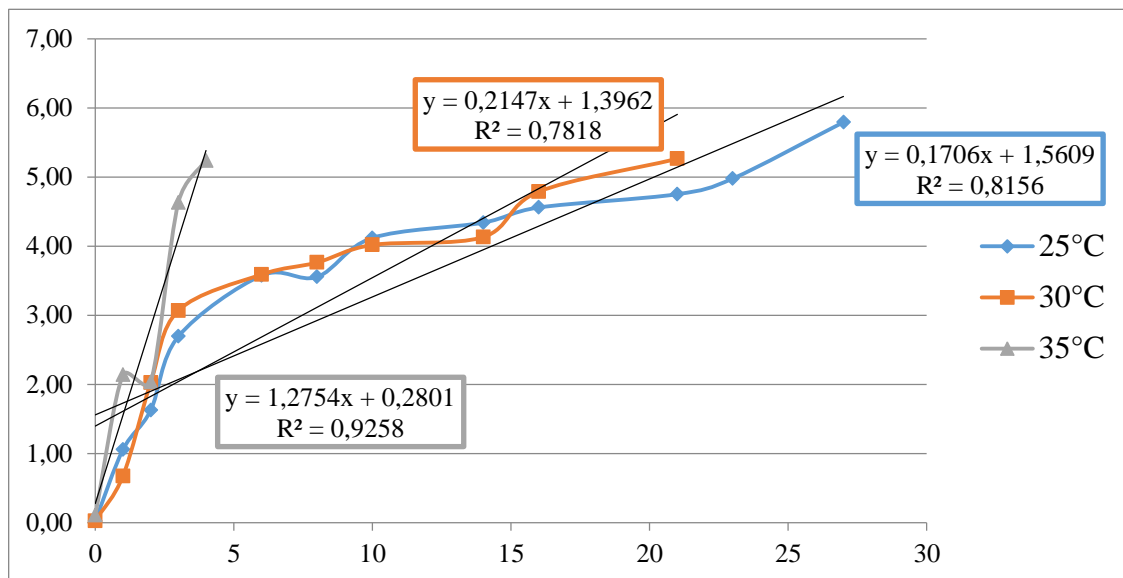
Comentarios:

MUCHAS GRACIAS!

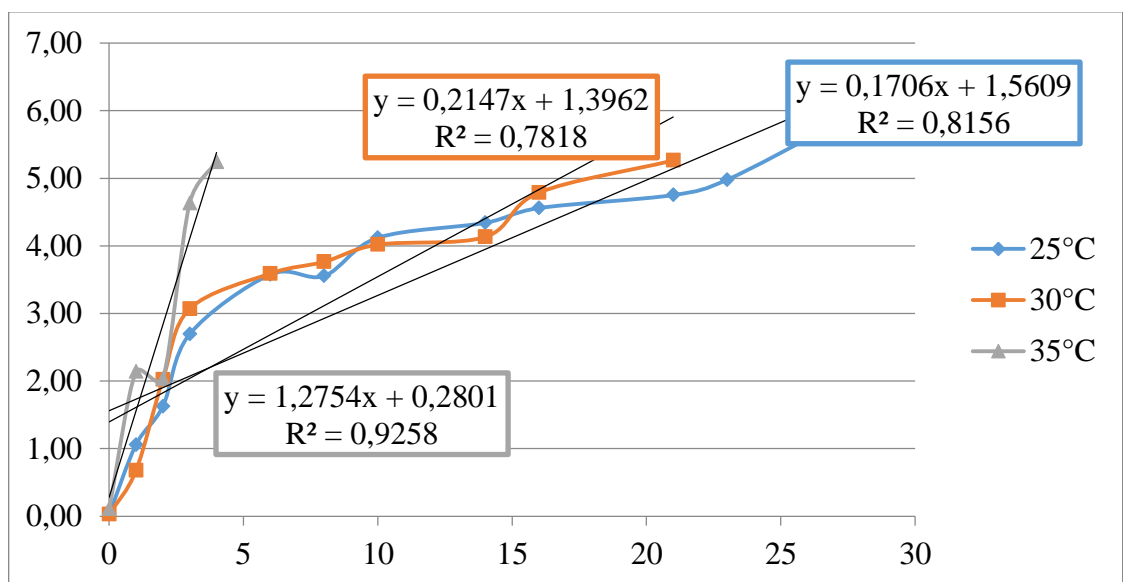
ANEXO B. Resultados del porcentaje de humedad de los chips de berenjena en el tiempo para la determinación de vida útil

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (Días)	HUMEDAD (%)	Ln(Humedad)
25	0	0,03	-3,60
25	1	1,06	0,05
25	2	1,63	0,49
25	3	2,69	0,99
25	6	3,58	1,27
25	8	3,56	1,27
25	10	4,12	1,42
25	14	4,34	1,47
25	16	4,56	1,52
25	21	4,75	1,56
25	23	4,98	1,60
25	27	5,79	1,76
30	0	0,03	-3,60
30	1	0,68	-0,39
30	2	2,02	0,71
30	3	3,07	1,12
30	6	3,59	1,28
30	8	3,76	1,33
30	10	4,02	1,39
30	14	4,13	1,42
30	16	4,79	1,57
30	21	5,26	1,66
35	0	0,11	-2,22
35	1	2,14	0,76
35	2	2,03	0,71
35	3	4,63	1,53
35	4	5,24	1,66

(a) Humedad vs. Tiempo



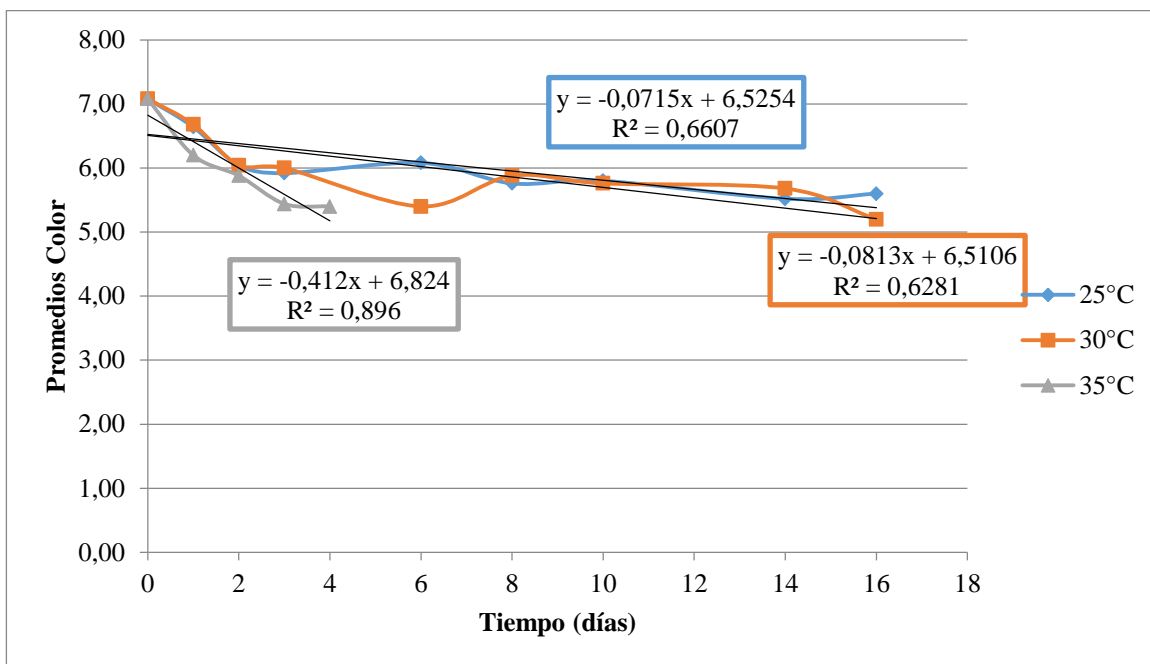
(b) LnHumedad vs. Tiempo



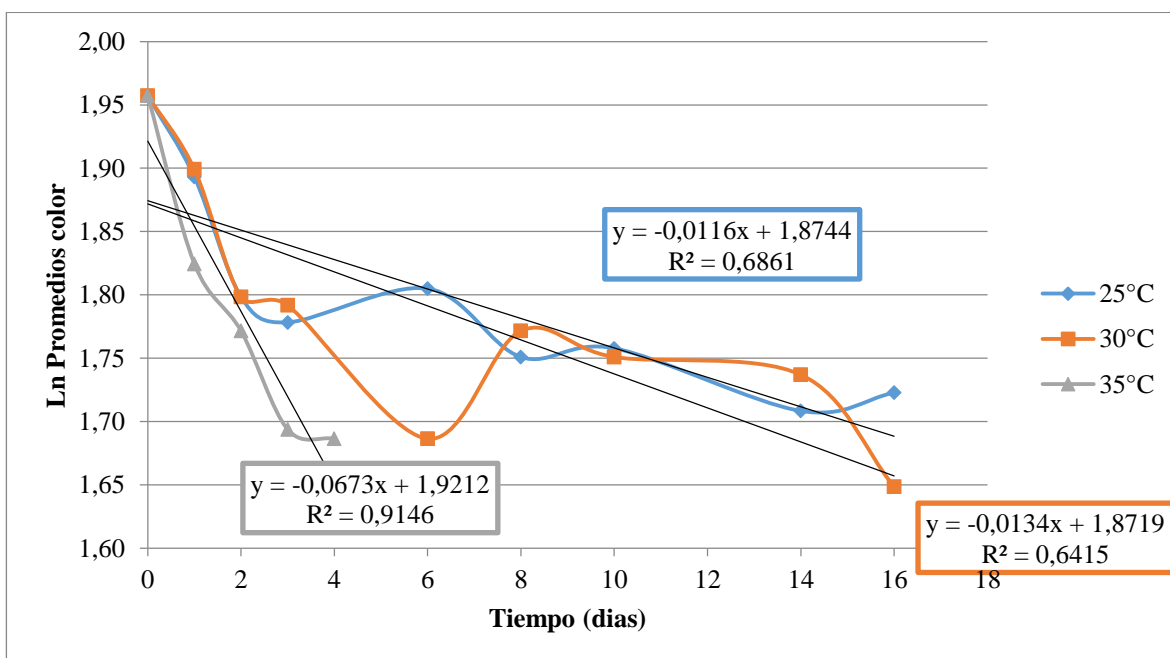
ANEXO C. Resultados de la prueba de aceptación sensorial de los chips de berenjena en el tiempo para la determinación de vida útil

COLOR			
TEMPERATURA			
(°C)	DIAS	PROMEDIO	Ln(color)
25	0	7,08	1,96
25	1	6,64	1,89
25	2	6,04	1,80
25	3	5,92	1,78
25	6	6,08	1,81
25	8	5,76	1,75
25	10	5,80	1,76
25	14	5,52	1,71
25	16	5,60	1,72
30	0	7,08	1,96
30	1	6,68	1,90
30	2	6,04	1,80
30	3	6,00	1,79
30	6	5,40	1,69
30	8	5,88	1,77
30	10	5,76	1,75
30	14	5,68	1,74
30	16	5,20	1,65
35	0	7,08	1,96
35	1	6,20	1,82
35	2	5,88	1,77
35	3	5,44	1,69
35	4	5,40	1,69

(a) Color vs. Tiempo

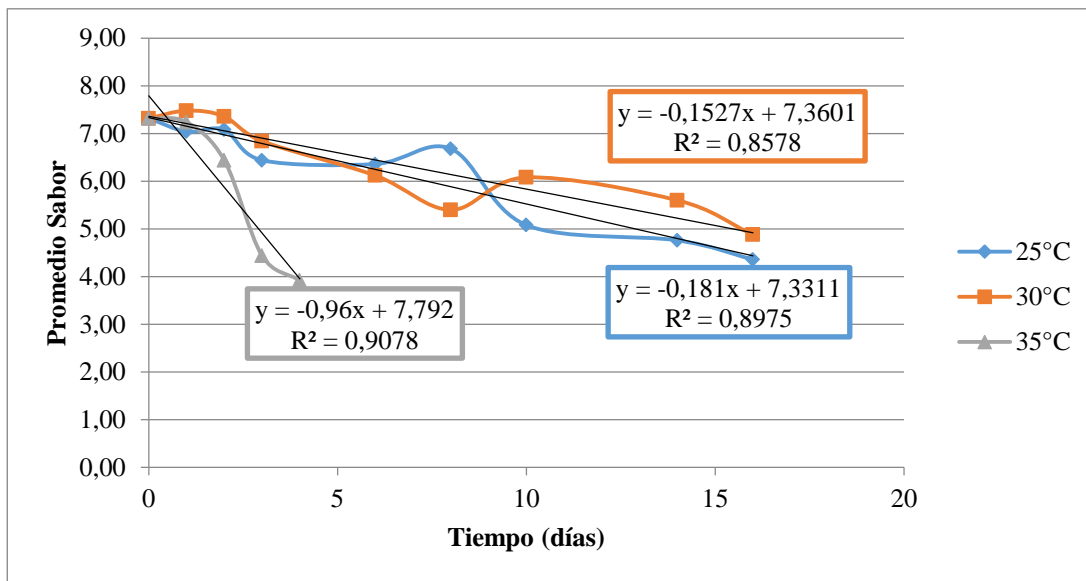


(b) LnColor vs. Tiempo

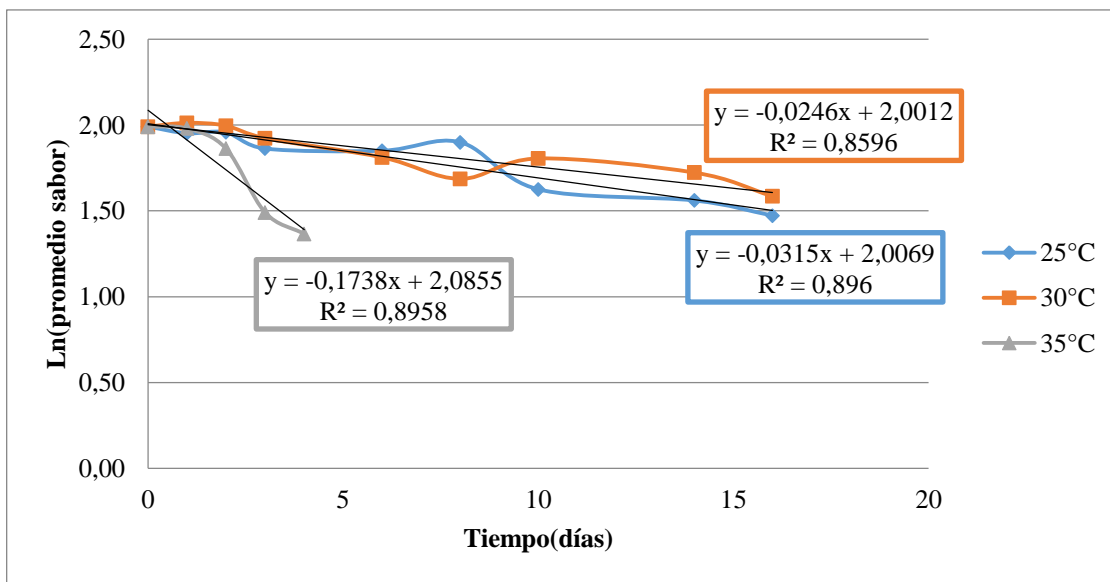


SABOR			
TEMPERATURA (°C)	DÍAS	PROMEDIO	Ln (Sabor)
25	0	7,32	1,99
25	1	7,04	1,95
25	2	7,08	1,96
25	3	6,44	1,86
25	6	6,36	1,85
25	8	6,68	1,90
25	10	5,08	1,63
25	14	4,76	1,56
25	16	4,36	1,47
30	0	7,32	1,99
30	1	7,48	2,01
30	2	7,36	2,00
30	3	6,84	1,92
30	6	6,12	1,81
30	8	5,40	1,69
30	10	6,08	1,81
30	14	5,60	1,72
30	16	4,88	1,59
35	0	7,32	1,99
35	1	7,24	1,98
35	2	6,44	1,86
35	3	4,44	1,49
35	4	3,92	1,37

(c) Sabor vs. Tiempo

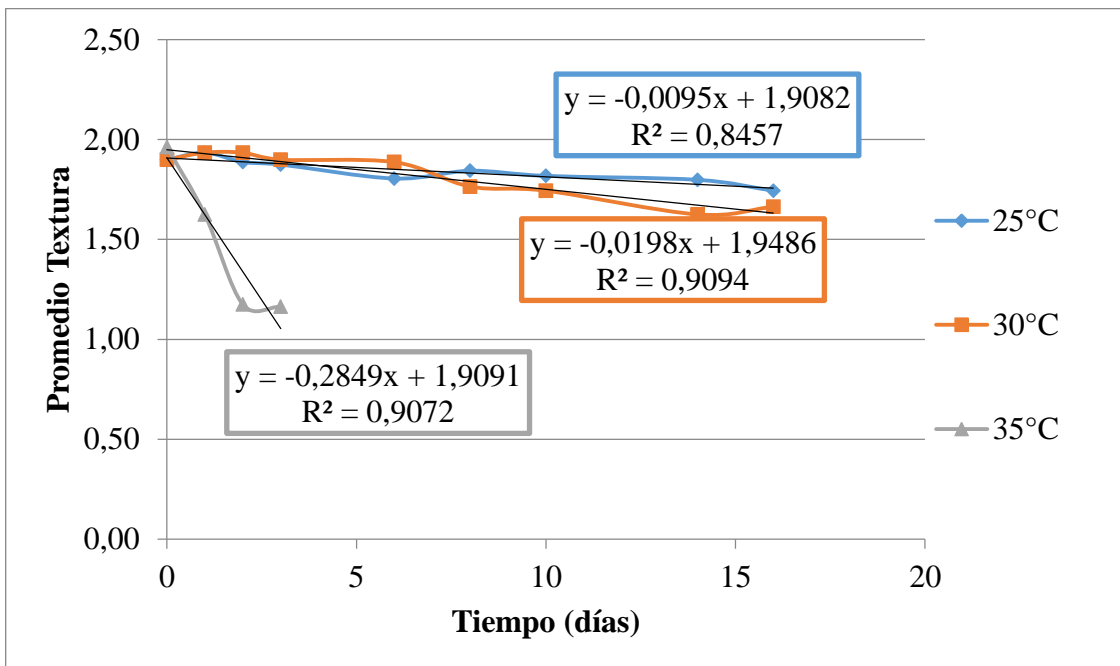


(d) Ln Sabor vs. Tiempo

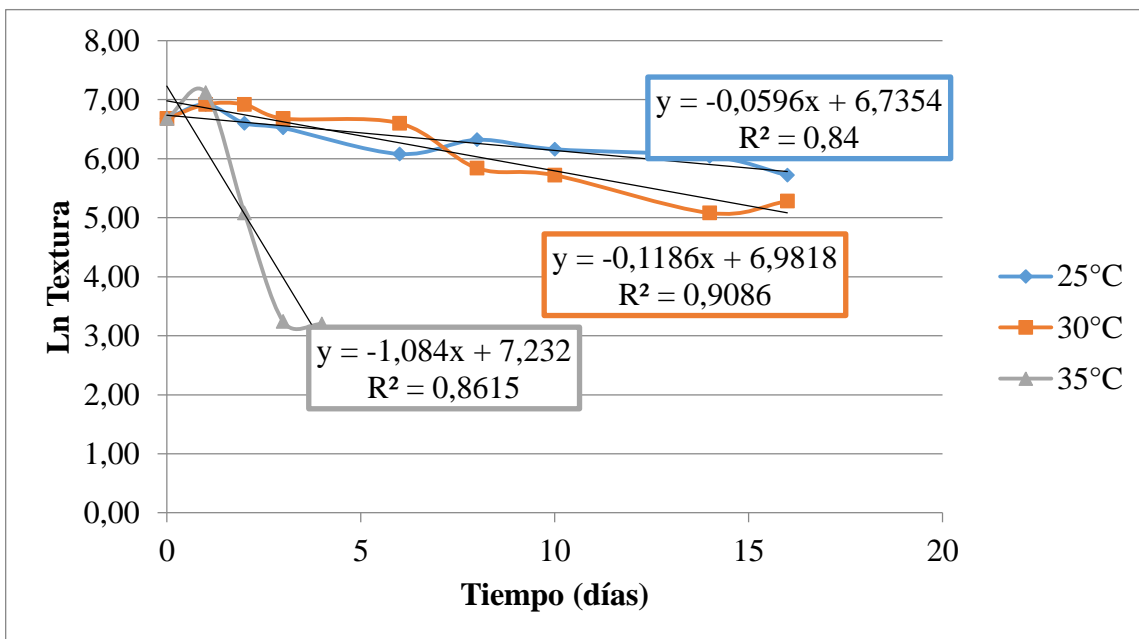


TEXTURA			
TEMPERATURA			
(°C)	DÍAS	PROMEDIO	Ln(textura)
25	0	6,68	1,90
25	1	6,92	1,93
25	2	6,60	1,89
25	3	6,52	1,87
25	6	6,08	1,81
25	8	6,32	1,84
25	10	6,16	1,82
25	14	6,04	1,80
25	16	5,72	1,74
30	0	6,68	1,90
30	1	6,92	1,93
30	2	6,92	1,93
30	3	6,68	1,90
30	6	6,60	1,89
30	8	5,84	1,76
30	10	5,72	1,74
30	14	5,08	1,63
30	16	5,28	1,66
35	0	6,68	1,90
35	1	7,12	1,96
35	2	5,08	1,63
35	3	3,24	1,18
35	4	3,20	1,16

(e) Textura vs. Tiempo



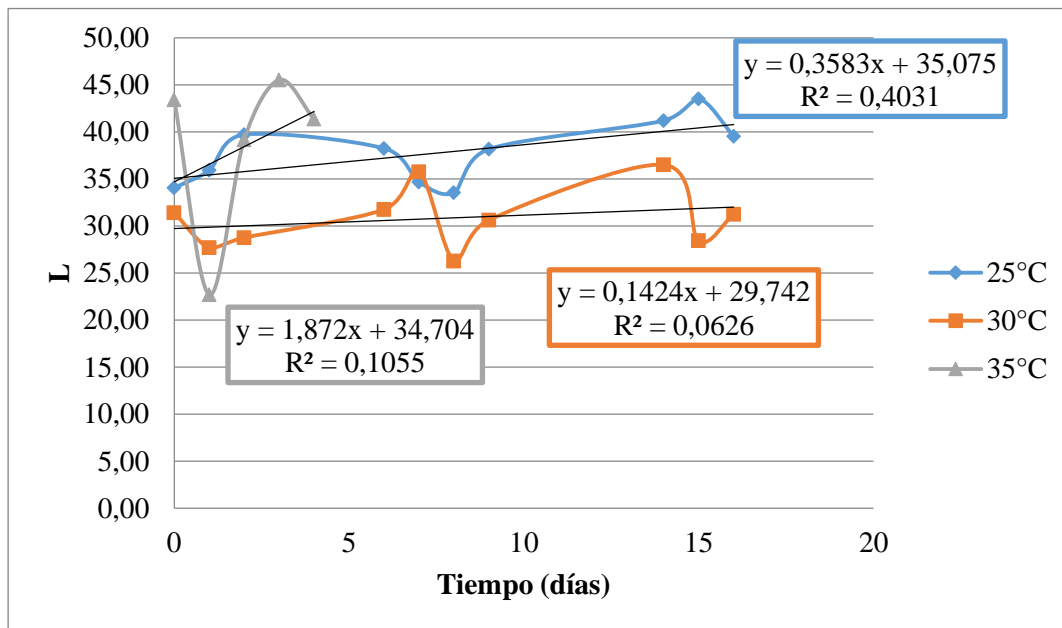
(f) Ln Textura vs. Tiempo



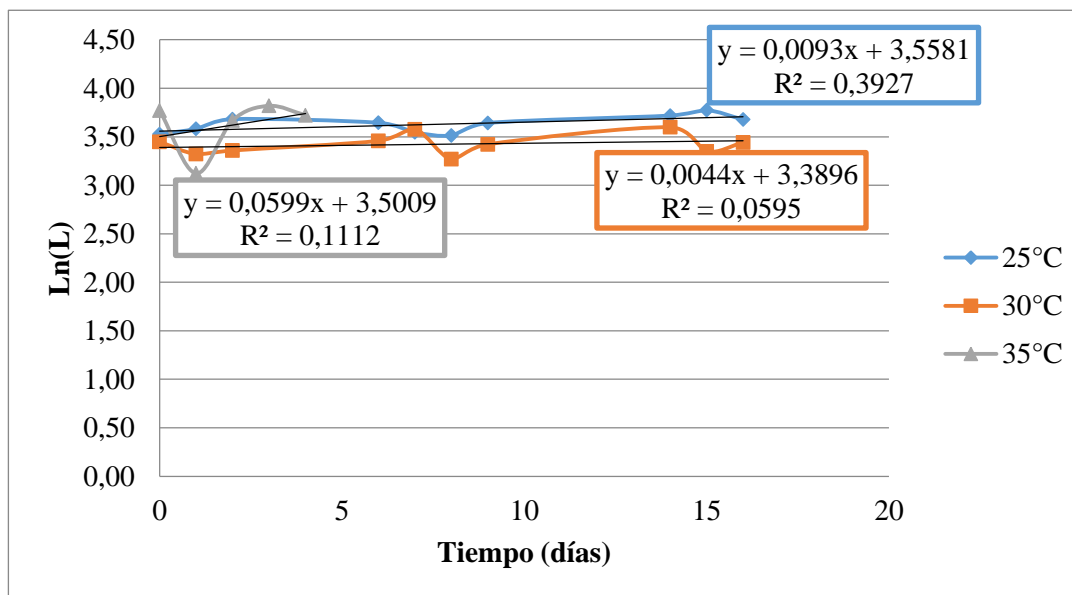
ANEXO D. Resultados de las coordenadas colorimétricas de los chips de berenjena en el tiempo.

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (Días)	L	Ln(L)	a	Ln(a)	b	Ln(b)
25	0	34,06	3,53	13,01	2,57	26,72	3,29
25	1	35,94	3,58	13,39	2,59	26,08	3,26
25	2	39,72	3,68	13,08	2,57	28,74	3,36
25	6	38,26	3,64	12,94	2,56	28,48	3,35
25	7	34,68	3,55	15,31	2,73	27,28	3,31
25	8	33,56	3,51	13,41	2,60	30,32	3,41
25	9	38,18	3,64	17,32	2,85	29,69	3,39
25	14	41,21	3,72	14,32	2,66	35,21	3,56
25	15	43,53	3,77	16,54	2,81	31,42	3,45
25	16	39,56	3,68	15,48	2,74	29,51	3,38
30	0	31,41	3,45	13,82	2,63	24,04	3,18
30	1	27,72	3,32	14,38	2,67	18,79	2,93
30	2	28,76	3,36	13,50	2,60	20,22	3,01
30	6	31,76	3,46	14,45	2,67	24,12	3,18
30	7	35,77	3,58	13,65	2,61	24,54	3,20
30	8	26,28	3,27	13,33	2,59	23,02	3,14
30	9	30,64	3,42	13,10	2,57	20,95	3,04
30	14	36,51	3,60	20,03	3,00	25,38	3,23
30	15	28,45	3,35	14,32	2,66	18,34	2,91
30	16	31,23	3,44	16,43	2,80	24,54	3,20
35	0	43,43	3,77	12,37	2,52	27,38	3,31
35	1	22,71	3,12	10,08	2,31	12,54	2,53
35	2	39,18	3,67	8,94	2,19	24,76	3,21
35	3	45,55	3,82	8,41	2,13	28,45	3,35
35	4	41,37	3,72	10,02	2,30	27,16	3,30

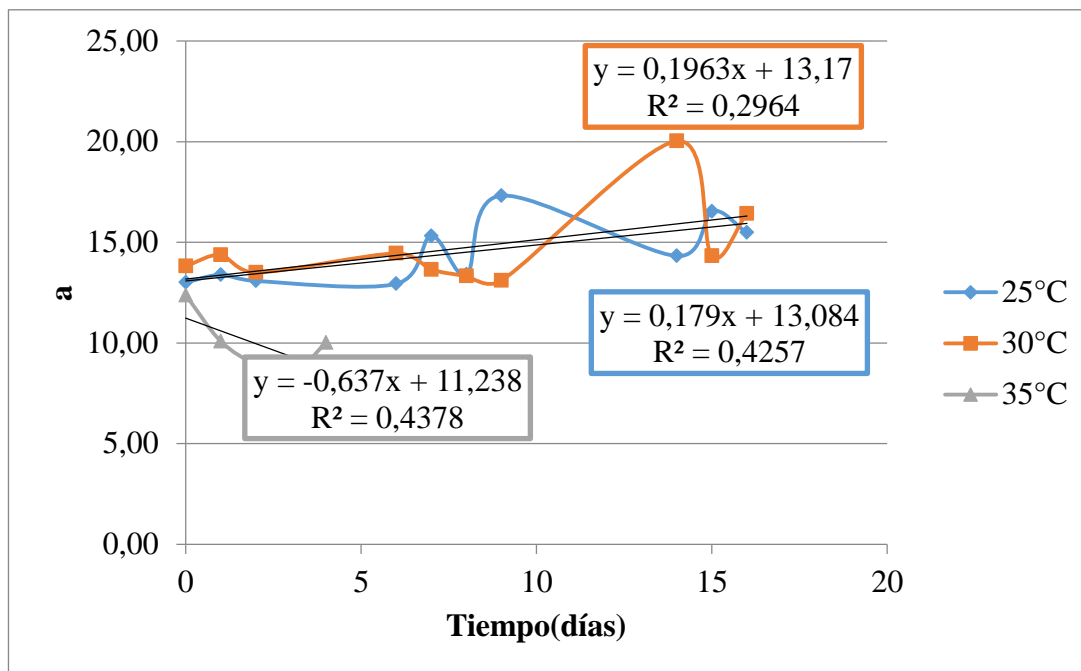
(a) L (luminosidad) vs. Tiempo



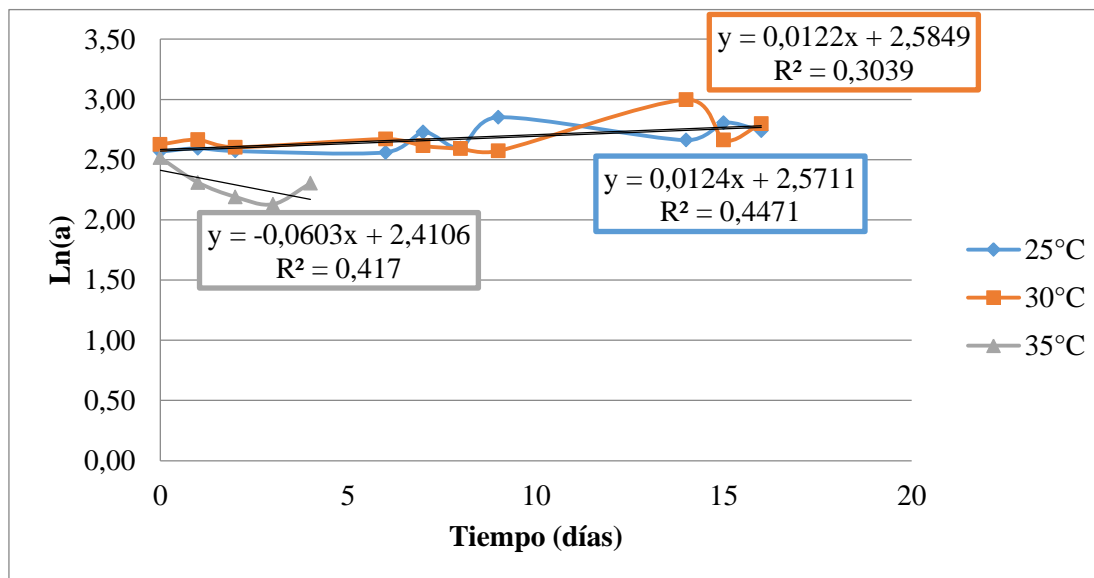
(b) Ln(L) vs. Tiempo



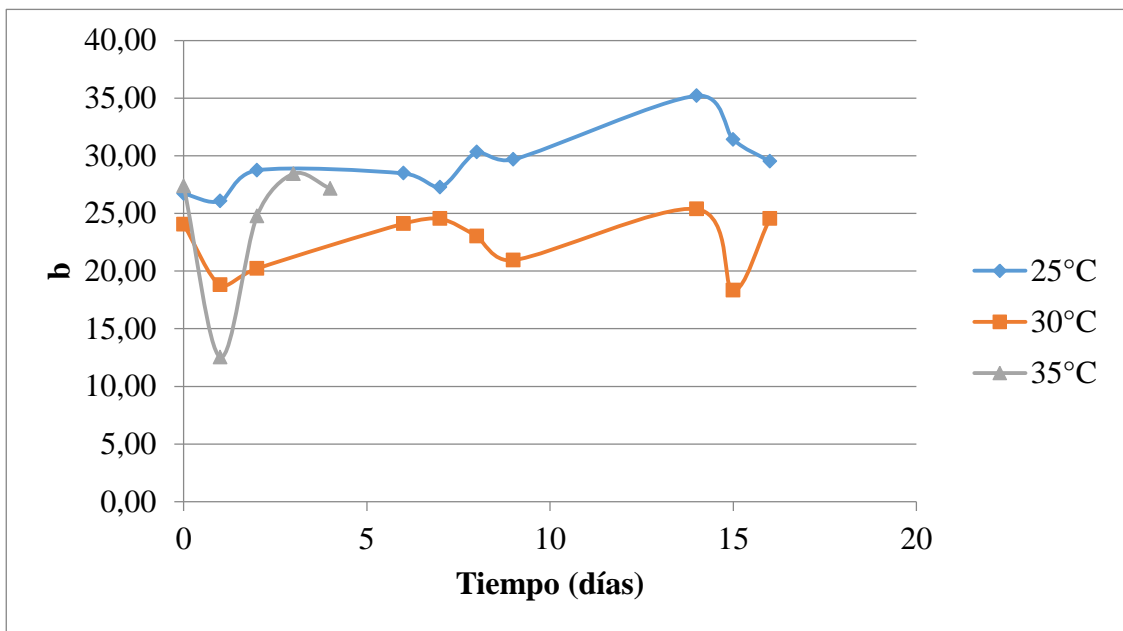
(c) a (cromaticidad verde-rojo) vs. Tiempo



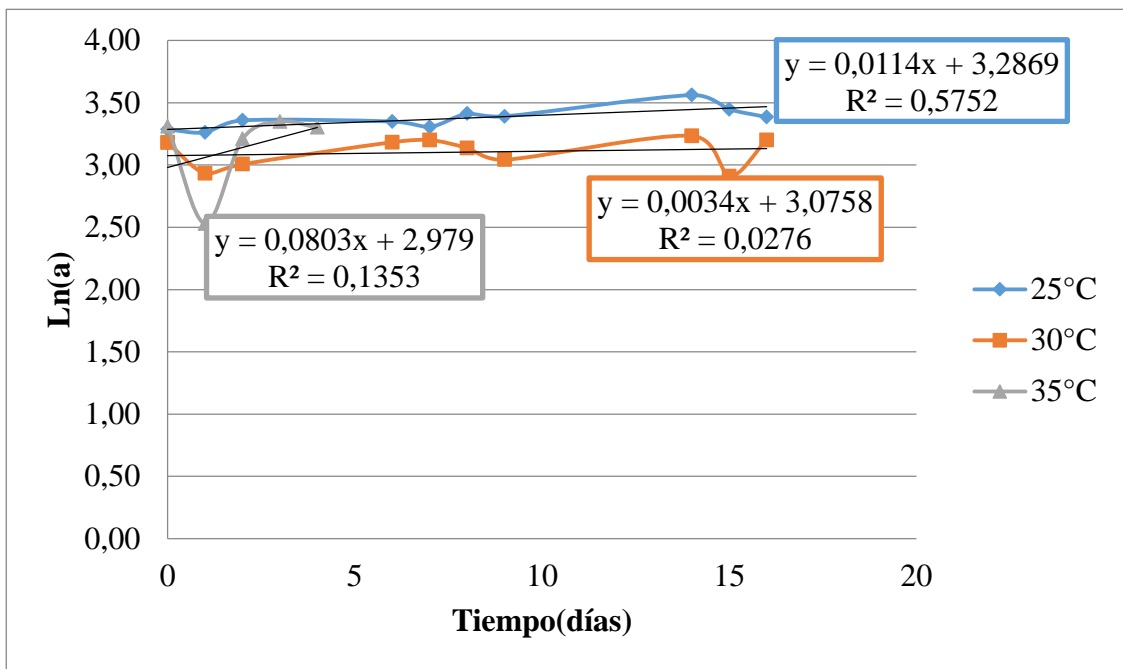
(d) Ln(a) vs. Tiempo



(e) b(cromaticidad azul-amarillo) vs. Tiempo



(f) Ln(b) vs. Tiempo



ANEXO E. Fotos de los diferentes tratamientos de chips de berenjena



Tratamiento 1



Tratamiento 2



Tratamiento 3



Tratamiento 4



Tratamiento 5



Tratamiento 6



Tratamiento 7 (Blanco)



Tratamiento 8 (Blanco)

