



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**OBTENCIÓN DE APERITIVOS DE MANGO APLICANDO
FRITURA AL VACÍO**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO DE ALIMENTOS**

GERSON FERNANDO ROMERO AGUILAR

DIRECTOR: Dr. JUAN BRAVO.

Quito, febrero 2015

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2014
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **GERSON FERNANDO ROMERO AGUILAR**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

GERSON FERNANDO ROMERO AGUILAR

C.I. 1104937857

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**OBTENCIÓN DE APERITIVOS DE MANGO APLICANDO FRITURA AL VACÍO**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero de Alimentos** fue desarrollado por **Gerson Fernando Romero Aguilar**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Dr. Juan Bravo Vásquez.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1001367414

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi padre Renato Romero y a mi madre María Graciela Aguilar por su esfuerzo, dedicación y apoyo constante, que generaron en mí la satisfacción de haber cumplido con mis metas, logros y objetivos, los mismos que me proporcionaron madurez tanto en lo personal como en lo profesional.

A mi hermano José Renato Romero Aguilar que me brindó su apoyo todos estos años para continuar, y avanzar sin rendirme, además por su incondicional confianza y bienvenida a su familia que siempre me ofrecieron.

A mis compañeros y amigos, que me han acompañado en este logro, con su amistad he podido crecer incansablemente, y cumplir con todos mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su apoyo siempre en todo momento, brindándome la educación y valor necesario para culminar todos los objetivos en mi vida.

A mis compañeros y amigos que por su ayuda en todo momento, he podido crecer como persona tanto en lo personal como en lo profesional.

A mi Director Dr. Juan Bravo por su apoyo y brindarme su conocimiento y experiencia para culminar con éxito mi proyecto de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. MARCO TEÓRICO	3
2.1 MANGO	3
2.1.2 MANGO EN EL ECUADOR	3
2.1.3 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	4
2.1.4 USOS Y BENEFICIOS	5
2.1.5 PRODUCCIÓN DEL MANGO EN EL ECUADOR	6
2.1.6 EXPORTACIONES DE MANGO ECUATORIANO	8
2.2 FRITURA	9
2.2.1 FRITURA AL VACÍO	10
2.3 SNACKS	13
2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SNACKS	14
2.3.2 VALOR NUTRICIONAL DE LOS SNACKS	15
2.3.3 SNACKS EN EL ECUADOR	16
2.4 ACEPTABILIDAD SENSORIAL	17
2.4.1 ACEPTABILIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS ELABORADOS CON FRITURA	18
3. METODOLOGÍA	20
3.1 MATERIA PRIMA	20
3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA	20

	PÁGINA
3.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS APERITIVOS DE MANGO	21
3.4 CÁLCULO DE RENDIMIENTOS	22
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	22
3.6 PROCESO DE OBTENCIÓN DE SNACKS DE MANGO	24
3.7 ACEPTABILIDAD SENSORIAL	26
3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	28
4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA	28
4.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE SNACK DE MANGO	30
4.2.1 DETERMINACIÓN DE VALORES OBTENIDOS EN FRITURA AL VACÍO	30
4.2.2.1. Contenido de humedad	31
4.2.2.2. Contenido de Grasa	37
4.2.2.3. Análisis de Textura	43
4.3 CÁLCULO DE RENDIMIENTOS EN EL PROCESO DE FRITURA AL VACÍO	46
4.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS APERITIVOS DE MANGO	47
4.5 EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL	48
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1 CONCLUSIONES	52
5.2 RECOMENDACIONES	54

	PÁGINA
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Componentes nutricionales del mango	5
Tabla 2. Composición química proximal de cuatro alimentos tipo <i>snack</i>	15
Tabla 3. Variables de diseño central compuesto rotacional 2^2	22
Tabla 4. Combinaciones del ensayo central compuesto rotacional 2^2	23
Tabla 5. Requisitos bromatológicos para bocaditos vegetales	23
Tabla 6. Caracterización Fisicoquímica del mango fresco	28
Tabla 7. Resultados obtenidos del contenido de humedad, grasa y textura del mango frito utilizando las combinaciones del ensayo central compuesto rotacional 2^2	30
Tabla 8. Análisis de varianza para el contenido de humedad	31
Tabla 9. Punto óptimo para el contenido de humedad en aperitivos de mango	35
Tabla 10. Análisis de varianza para el contenido de grasa	37
Tabla 11. Punto óptimo para el contenido de humedad en aperitivos de mango	42
Tabla 12. Análisis de varianza para textura (Fuerza de ruptura)	43
Tabla 13. Pesos y rendimientos de mango para uso en fritura al vacío	46

	PÁGINA
Tabla 14. Rendimiento del punto óptimo en mango frito	47
Tabla 15. Caracterización fisicoquímica del mango frito	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Variedades de mango Ecuatoriano	4
Figura 2. Ventas (miles de kg) a nivel nacional e internacional para el año 2012	7
Figura 3. Producción (miles de kg) por provincias para el año 2012	7
Figura 4. Exportación nacional en el periodo 2012-2014	8
Figura 5. Diagrama de flujo del procesamiento de fritura al vacío para <i>snacks</i> de mango	25
Figura 6. Sistema de fritura al vacío para snack de mango.	26
Figura 7. Efectos principales para las variables Temperatura y presión en el mango frito	32
Figura 8. Gráfico de interacción Temperatura-Presión para el mango frito	33
Figura 9. Gráfico de superficie de respuesta para el contenido de humedad	34
Figura 10. Curvas de contorno para el contenido de humedad	35
Figura 11. Efectos principales para las variables Temperatura y presión para el contenido de grasa en el mango frito	38
Figura 12. Gráfico de interacción Temperatura-Presión para el contenido de grasa en mango frito	39

	PÁGINA
Figura 13. Gráfico de superficie de respuesta para el contenido de grasa	40
Figura 14. Curvas de contorno para el contenido de grasa	41
Figura 15. Efectos principales para las variables Temperatura y presión para textura en el mango frito	44
Figura 16. Gráfico de interacción Temperatura-Presión para el mango frito	45
Figura 17. Calificación para los diferentes atributos en el mango frito	48
Figura 18. Promedio de atributos de evaluación sensorial	49
Figura 19. Calificación para aceptabilidad global de mango frito	50
Figura 20. Calificación por edad para la aceptabilidad global de <i>chips</i> de mango	51

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
Anexo 1.	
CARACTERIZACIÓN DEL MANGO EN ESTADO FRESCO	62
Anexo 2.	
FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DE <i>CHIPS</i> DE MANGO	63
Anexo 3.	
FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE <i>CHIPS</i> DE MANGO	65
Anexo 4.	
PRUEBA DE ACEPTABILIDAD PARA <i>CHIPS</i> DE MANGO	66

RESUMEN

El consumo de productos fritos como aperitivos aumenta, y los consumidores demandan el desarrollo de productos saludables, y con menor contenido de grasa. La fritura al vacío es un proceso que permite obtener *snacks* con bajos porcentajes de grasa. El objetivo de este trabajo, fue obtener aperitivos de mango por fritura al vacío que contengan menor cantidad de grasa y sean aceptables para los consumidores. Se aplicó el diseño central compuesto rotacional 2^2 , que permitió medir los efectos del nivel de presión y temperatura en el contenido de humedad, grasa y textura. Se realizó la caracterización de la materia prima (peso, longitud, diámetro, determinación de pH, sólidos solubles y acidez). Posteriormente, se realizó el corte en rebanadas de 3 ± 1 mm de espesor, y fueron sometidas al proceso de fritura al vacío. Las rodajas de mango se introdujeron en aceite a temperaturas comprendidas entre 110 °C y 120 °C, con presiones absolutas entre 4.26 kPa y 13.91 kPa, por 12 min de fritura. El contenido de humedad mayor (3.05 %) fue obtenido a 13.91 kPa y 110 °C, por lo contrario el valor menor (1.67 %) fue obtenido a 2.26 kPa y 115 °C, lo que indica que al aumentar la presión de vacío y temperatura, el contenido de humedad es mayor. Por otro lado, el contenido de grasa disminuyó conforme se aumentó la temperatura por encima de los 110 °C y al acercarse a los 120°C el valor aumenta. Al aumentar la presión también disminuye el contenido de grasa. El valor mínimo de grasa (21.5 %) fue a 120 °C por 13.91 kPa y el valor máximo (30.3 %) fue a 110°C por 4.26 kPa. La optimización del proceso fue a una temperatura de 115 °C y 13 kPa, el mismo que reporta un contenido de grasa del 21.2 %. Los datos de textura no se ajustan al modelo matemático. Se realizó la prueba de análisis sensorial, que determinó la aceptabilidad del *snack* de mango por parte de los consumidores, en donde, el 95 % de los encuestados mostraron calificaciones entre 8 y 10.

ABSTRACT

Eating fried foods as appetizers increases, and consumers are demanding the development of healthy products, and less fat. Vacuum frying is a process for obtaining snacks with low percentages of fat. The aim of this work was to obtain mango snacks applying vacuum frying, therefore, the rotational central composite design 2^2 was applied, that allowed measuring the effects of pressure and temperature level in the moisture content, fat and texture. The characterization of the raw material determined the weight, length, diameter, determination of pH, soluble solids and acidity. Subsequently the cut was made into slices 3 ± 1 mm thick, and were subjected to vacuum frying process. Mango slices were introduced into oil at temperatures between 110°C and 120°C , with absolute pressures between 4.26 kPa and 13.91 kPa for 12 min frying. The higher moisture content of 3.05% was obtained 13.91 kPa and 110°C , for otherwise the smallest value of 1.67% was obtained at 4.26 kPa and 115°C , indicating that increasing vacuum pressure and temperature: moisture content is higher. Furthermore, the fat content decreases as the temperature above 110°C is increased or decreased when approaching 120°C . Increasing the pressure also decreases the fat content. The lower value of fat was 21.5% at 120°C for 13.91 kPa and the higher value was 30.3 % at 110°C at 4.26 kPa for process optimization fat content was at a temperature of 115°C and 13 kPa, the same reports a fat content of 21.2%. The texture could not be optimized because the data do not fit the mathematical model. Test sensory analysis determined the acceptability of mango snack by consumers, wherein 95 % of respondents showed scores between 8 and 10.

1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera Indica L.*) es una fruta de alto consumo nacional e internacional. El Ecuador posee condiciones climatológicas aptas para producir esta fruta. Existen productos en base a esta materia prima, por ejemplo: enlatados, encurtidos, pulpas congeladas, jugos o producto fresco (Apinya, Tipvanna, & Ray, 2006; PROECUADOR, 2013).

La fritura es una de las operaciones unitarias que proporciona características especiales propias del producto frito, en cuanto a su textura, color, y sabor. Es por ello, que las comidas rápidas y los *snacks*, son muy apetecibles por los seres humanos. Sin embargo, su consumo es cada vez más alto y puede provocar complicaciones en la salud humana, debido a sus altos contenidos de grasa. Actualmente, existe la tendencia hacia productos fritos más saludables, que contribuyan a una mejor alimentación. Por ello, se considera necesario mejorar las características de estos productos, para aportar menor contenido de grasa, conservar el color, textura y el sabor propio del alimento. Por este motivo, se está aplicando la técnica de fritura al vacío, la misma que tiene impulso en estos últimos años (Dueik & Bouchon, 2011b; Tarmizi & Niranjana, 2010).

La fritura al vacío es un proceso que consiste en freír el alimento a presiones subatmosféricas y a bajas temperaturas, con lo que se reduce el contenido de aceite del producto, la decoloración y la pérdida de: vitaminas, carotenoides y ácido ascórbico, los mismos que usualmente se pierden por la oxidación, y las altas temperaturas de la fritura tradicional. Dichos compuestos están influenciados por las condiciones del proceso, el tiempo de fritura, tipo de aceite, y por las características propias de los alimentos. El innovador proceso está desarrollándose en el mercado, especialmente para

los productos fritos, cuya materia prima son vegetales, frutas tropicales y subtropicales, tales como kiwi (Diamante, Savage, & Vanhanen, 2012), piña (Tinoco, Perez, Salgado, Reynes, & Vaillant, 2008), frijoles, camote (Da Silva & Moreira, 2008), chalote (Therdthai, Wuttijumnong, Jangchud, & Kusucharid, 2007), entre otros. La correcta combinación de los parámetros de fritura al vacío, es esencial para procesar el alimento con aceptables atributos físicos (color, olor, sabor, y textura) preservando los compuestos nutricionales. (Diamante, Savage, & Vanhanen, 2012; Garayo & Moreira, 2002; Mariscal & Bouchon, 2008).

OBJETIVO GENERAL

Obtener aperitivos de mango aplicando fritura al vacío

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar fisicoquímicamente la materia prima
2. Aplicar fritura al vacío a las rodajas de mango
3. Caracterizar fisicoquímicamente el producto final
4. Determinar la aceptabilidad sensorial para los aperitivos de mangos

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MANGO

El mango (*Manguifera indica* L.) es un fruto originario de la India, de una de las más de cuarenta especies silvestres que todavía existen en el noroeste de India, en Filipinas y en Papúa Nueva Guinea. El fruto se desarrolla de manera óptima en climas cálidos y templados, como el de los países sudamericanos y del Caribe. La fruta tiene diferentes formas, generalmente ovoide o redondeada y sus colores pueden ser: verde, verde amarillento, amarillo o rojizo. Las variedades cultivadas en el Ecuador que se comercializan internacionalmente, se clasifican en:

Florida: *Tommy Atkins*, *Kent*, *keitt*, *Haden*, *Irwin*, *Parvin*, *Ataulfo*, *Francis*.
India: *Alfonso*.

Africana: *Amélie*, *Julie* y *Zill* (Montero, Porras, & Murillo, 2002; Oquendo, 2007; Salamanca, Longas, Lozano, Diaz, & Salazar, 2007).

2.1.2 MANGO EN EL ECUADOR

El Ecuador cultiva las variedades del grupo Florida. De estas, la de mayor producción es la *Tommy Atkins*. Este fruto tiene entre 12 y 14 cm de largo, su peso entre 400 y 700 g, con forma ovoide, y de color rojizo-amarillento como se muestra en la Figura 1 (Fundación Mango, 2009b).

Los mangos tipo *keitt* y *kent* tienen entre 12 y 13 cm de largo muy parecida a la variedad anterior. Su peso se encuentra entre 600 y 700 g y a diferencia del grupo Florida, estas variedades tienen color verde-amarillento (Fundación Mango, 2009b).

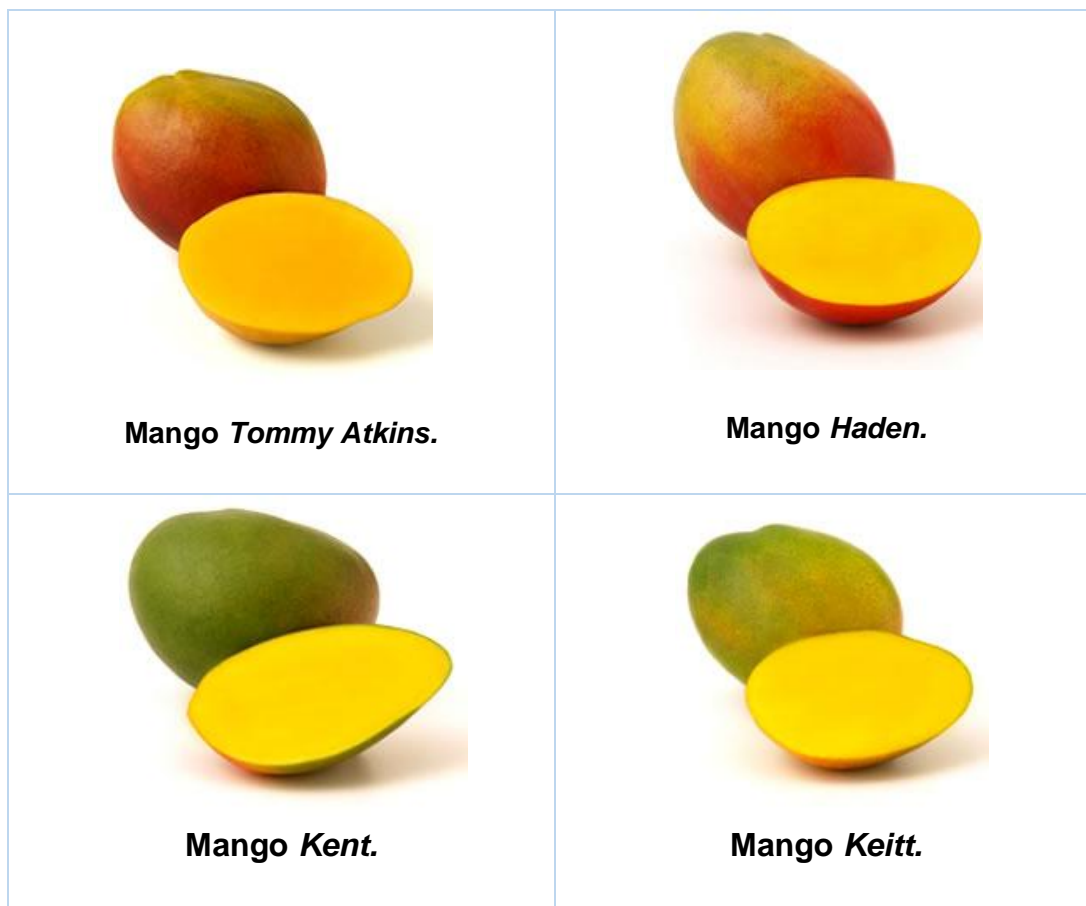


Figura 1. Variedades de mango ecuatoriano
(Fundación Mango, 2009b)

2.1.3 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Los principales componentes en 100 g de pulpa comestible son: agua, carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales como se indica en la Tabla 1 (Fundación Mango, 2009b; Tharanathan, Yashoda, & Prabha, 2007). La composición nutricional del alimento varía con su madurez, la especie y las condiciones de cultivo (Villamizar & Giraldo, 2010).

Tabla 1. Componentes nutricionales del mango

COMPONENTES	VALOR MEDIO
Agua (%)	81.8
Carbohidratos (g)	16.4
Fibra (g)	0.7
Vitamina A (U.I.)	1100
Proteínas (g)	0.5
Ácido ascórbico (mg)	80
Fósforo (mg)	14
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0.4
Grasa (mg)	0.1
Niacina (mg)	0.04
Tiamina (mg)	0.04
Riboflavina (mg)	0.07
Sodio (mg)	7
Triptófano (mg)	6
Metionina (mg)	4
Lisina (mg)	37

(Fundación Mango, 2009b; Tharanathan *et al.*, 2007)

2.1.4 USOS Y BENEFICIOS

El mango se consume en: jugos, mermeladas, pasabocas secos, en gel. Además, se puede consumir de diferentes formas: en trozos, en salmuera, en vinagre, en salsas, con almíbar, deshidratado, congelado, yogurt, helados, cocteles y compotas (Apinya *et al.*, 2006; Montero *et al.*, 2002; Villamizar & Giraldo, 2010).

Se comprobó que el mango (*Mangifera indica L.*) tiene numerosos compuestos que demuestran tener propiedades antioxidantes, especialmente los polifenoles. Según Talcott y Talcott (2009), los polifenoles como flavonol glucósidos, ácido gálico libre, mangiferina, entre otros compuestos, poseen una posible actividad anticancerígena y

antiinflamatoria. Las variedades de mango como *Ataulfo*, *Haden*, *Francis* y *Tommy Atkins* poseen cantidades significativas de polifenoles y en conjunto con los carotenoides aumentan la posibilidad de prevención para esta enfermedad. Según este estudio, el mango *Haden* y *Ataulfo* son las variedades seleccionadas como fruta para la prevención del cáncer, y principalmente para tratar el cáncer de colon, ya que los polifenoles y carotenoides llegan al colon en donde están disponibles para actuar sobre las células dañinas.

2.1.5 PRODUCCIÓN DEL MANGO EN EL ECUADOR

La recolección de mango es estacional y se realiza en el mes de diciembre, durante el cual, el país exporta la mayor cantidad de mangos. Ecuador cuenta con algunas plantas de empaque que proporcionan el servicio a los exportadores nacionales y a los exportadores de los diversos mercados mundiales. El país produce aproximadamente 2 mil cajas por hectárea al año de 4 kg cada una, utilizando aproximadamente el 70 % de la capacidad instalada (FAO, 2012; Fundación Mango, 2009a).

Las zonas de cultivo están concentradas principalmente en la provincia del Guayas en un 90 % y el 10 % restante se concentra en Los Ríos, Manabí, El Oro, y Esmeraldas. La producción es de 18.9 millones de kg y sus ventas nacionales son de 6.9 millones de kg en el año del 2012 como se indica en la Figura 2.

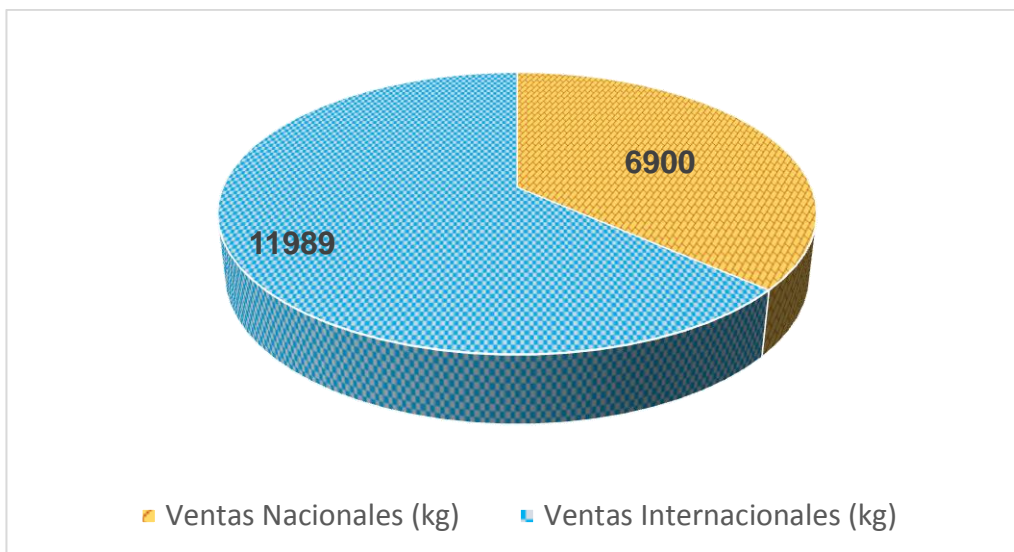


Figura 2. Ventas (miles de kg) a nivel nacional e internacional para el año 2012
(INEC, 2014)

Las provincias productoras de mango se dedican a la exportación y mercado local. Guayas es la provincia de mayor producción de mango tal como se indica en la Figura 3 (Fundación Mango, 2009a; INEC, 2014).

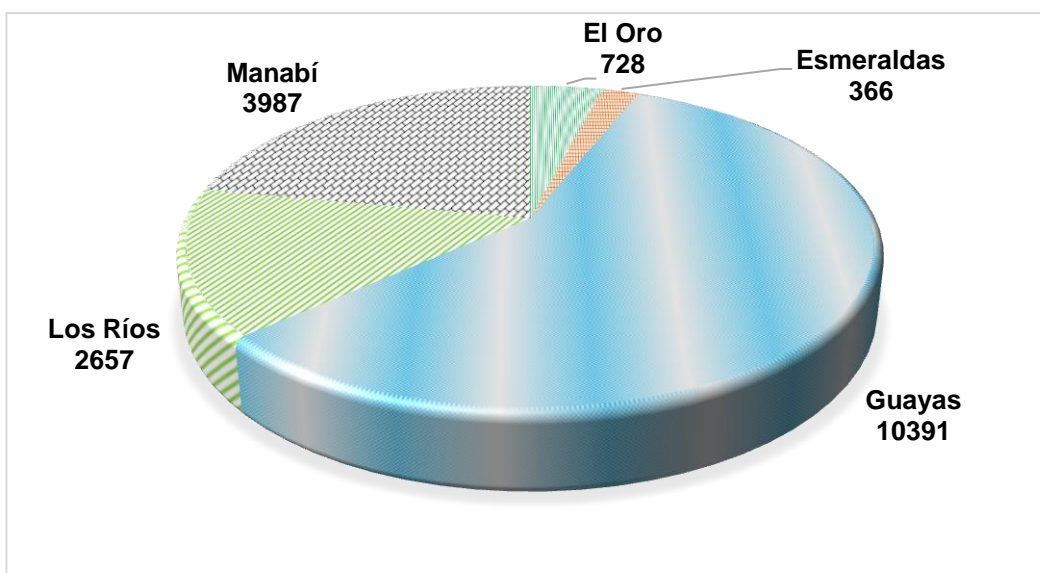


Figura 3. Producción (miles de kg) por provincias para el año 2012
(INEC, 2014)

2.1.6 EXPORTACIONES DE MANGO ECUATORIANO

Las exportaciones de mango son destinadas principalmente a los Estados Unidos, y a otros destinos como Canadá, México, Chile y Europa. La Figura 4 indica las exportaciones nacionales a diferentes destinos desde el año 2012 hasta el 2014. Se observa que en el año 2013 - 2014 las exportaciones a Estados Unidos crecieron con respecto al año anterior.

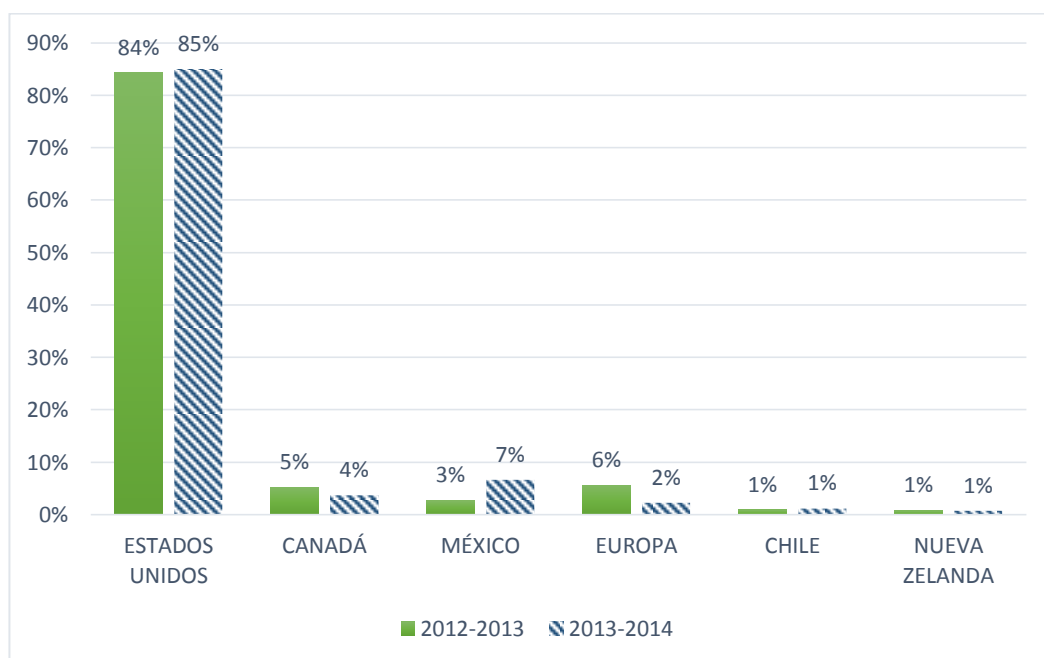


Figura 4. Exportación nacional en el periodo 2012-2014
(Fundación Mango, 2013)

2.2 FRITURA

Este proceso consiste en sumergir el alimento en aceite caliente a altas temperaturas, entre 150 y 200 °C, donde la absorción de aceite y la pérdida de agua transcurren simultáneamente, debido a la cocción del alimento y evaporación del agua. En esta operación la transferencia de masa se produce cuando el alimento se introduce en el aceite, y el vapor de agua sale, desarrollando cambios en la estructura del alimento. El aceite caliente al transferirse hacia la superficie del alimento, genera la gelatinización del almidón, desnaturaliza proteínas, evapora el agua superficial, y forma la caramelización en la superficie del alimento, originado así la textura crujiente y formación de la capa dorada característica de los productos fritos (Kochhar & Gertz, 2004; Lucas, Dumar, Vasco, & Cuellar, 2011; Mallikarjunan, Ngadi, & Chinnan, 2009; Stier, 2004).

Una de las características importantes de la fritura, es que no solo destruye microorganismos, sino que elimina ciertas toxinas y enzimas, además de reducir cierta cantidad de humedad del producto; sin embargo también existen importantes degradaciones en los compuestos nutricionales durante el proceso de fritura, debido a las altas temperaturas del aceite. Se obtienen productos con altos contenidos de grasa, y se producen ciertos compuestos como la acrilamida. Este producto químico se origina durante procesos a altas temperaturas, superando los 100 °C como en la operación de fritura, lo que puede provocar la degeneración de células en el organismo afectando a la salud humana (Desamparados & Bello, 2012; Dueik & Bouchon, 2011b; Valenzuela & Ronco, 2007; Villamizar & Giraldo, 2010).

Dueik y Bouchon (2011a) durante el proceso se presenta la oxidación de los carotenoides, ácido ascórbico y antocianinas, produciendo olores desagradables y reducción de la capacidad antioxidante. Por otro lado, las

altas temperaturas también influyen en la desnaturalización de las proteínas, que pueden afectar al desarrollo de las características propias de los alimentos fritos, particularmente en el color y la textura. Además, los cambios de color se afectan por los tiempos de fritura y tipos de aceite, así como también la variedad, las condiciones de almacenamiento previas, y los antioxidantes (Dueik & Bouchon, 2011a; Krokida, Oreopoulou, Maroulis, & Marinos-Kouris, 2001; Sahin, 2000).

La textura del alimento también cambia principalmente por las altas temperaturas y por la eliminación de agua del alimento, en donde además se afectan directamente proteínas y carbohidratos. La formación de costra es una de las características más reconocibles de los productos fritos. Esta costra empieza a formarse minutos después de sumergir el alimento en el aceite caliente, lo que origina modificaciones en la textura que son de tipo mecánicas como contracción, expansión, desarrollo de porosidad y ruptura de la matriz sólida. Cuando el alimento tiene una cantidad alta de almidón, la costra presenta poros más pequeños, en el caso de alimentos que no contienen almidón poseen poros más grandes. Además, la costra impide la migración de nutrientes desde el interior del alimento hacia el aceite, conservando el valor nutricional del mismo (Moyano & Pedreschi, 2006; Saguy & Dana, 2003; Vitrac, Trystram, & Raoult-Wack, 2000).

2.2.1 FRITURA AL VACÍO

La fritura al vacío es un proceso similar a la de la fritura convencional, se realiza en un sistema cerrado con presiones por debajo de la presión atmosférica alrededor de los 3.1 kPa. En este tipo de fritura, la temperatura esta alrededor de los 110 °C lo cual se observa una reducción importante de temperatura en comparación con la fritura tradicional. Una característica

importante sobre este proceso es que debido a la reducción de presión, el punto de ebullición del agua disminuye, así como también la presencia de oxígeno, esto disminuye los procesos oxidativos que degradan al alimento, favoreciendo a la conservación de vitamina C, vitamina E, carotenoides, flavoides y tiol (Dueik & Bouchon, 2011a; Garayo & Moreira, 2002; Shyu, Hau, & Hwang, 2005).

El estudio realizado en rodajas de papa por Basuny, Arafat, y Ahmed (2012); indica que en la fritura al vacío el contenido de humedad se reduce considerablemente. La humedad fue de 0.45 % para fritura convencional y para fritura al vacío se obtuvo 0.25 % lo cual se observa que para fritura al vacío existe un porcentaje de humedad menor que en la fritura convencional. La absorción de aceite se reduce de 50 %, con el sistema convencional a 38 % con fritura al vacío. Esto puede ser influenciado por la temperatura del aceite, el tiempo de fritura, el contenido de humedad en la superficie, el área de superficie del producto y el nivel de vacío. Además, la baja presión del proceso contrae al alimento y limita el contenido de aceite que es absorbido por el producto. En el momento en el que ya no existe presión de vacío, sino la atmosférica, el aceite se adhiere rápidamente en la superficie del *chip* absorbiendo mayor cantidad de aceite (Troncoso, Pedreschi, & Zuniga, 2009).

Mediante esta técnica se retienen gran parte de los carotenoides. Los estudios de camote, mango, frijoles, zanahoria, manzana y papa en la fritura tradicional indican que la retención de los carotenoides son muy bajos, alrededor del 50%, y con fritura al vacío se retiene un 95 % (Da Silva & Moreira, 2008; Dueik & Bouchon, 2011b; Villamizar, Quiceno, & Giraldo, 2012)

Según Villamizar, Quiceno, y Giraldo (2011) en la fritura al vacío de pasta de mango con mezcla de almidón y harina de trigo, el contenido de vitamina C presenta una pérdida del 43.2 %, y para la fritura tradicional la pérdida es de 93.8 %. Estos datos conllevan a determinar que la técnica de fritura al vacío debido a sus diferentes parámetros como: bajas presiones, bajo contenido de oxígeno, y bajas temperaturas, conserva la vitaminas, ácido ascórbico, carotenoides, flavoides (antocianinas), y capacidades antioxidantes, que normalmente no se conservarían con las altas temperaturas a presión atmosférica.

El color del alimento procesado (*chip*), es un factor importante para la aceptación del producto y mediante el sistema de fritura al vacío, se conserva el color natural del alimento. Shyu *et al.* (2005) indican que se presentan los cambios en el color de los *chips* de zanahoria al llegar a los 110 °C. En una fritura convencional, al superar los 100 °C los carotenoides y antocianinas responsables del color se presentan inestables, los mismos se degradan ocasionando la pérdida de color natural del alimento. Con el proceso de fritura al vacío la temperatura del alimento se mantiene entre 80 y 100 °C permitiendo que exista una mínima degradación de los carotenoides y antocianinas, de tal forma que ayuda a conservar el color original del alimento.

En cuanto a la textura los *chips* procesados al vacío presentan mayor contracción que los elaborados a presión atmosférica. Esto parece indicar que a presión atmosférica la costra se forma más fácilmente y evita una mayor contracción del alimento, disminuyendo la crocancia del *chip*. Esta costra también influye significativamente en el aspecto superficial y en la absorción de aceite. Los productos fritos que fueron sometidos a fritura atmosférica poseen poros más grandes, y la costra empieza a formarse antes de que se vaporice el agua que se encuentra dentro de los poros del alimento, presentando una mayor resistencia a la salida del vapor, en

cambio las procesadas al vacío presentan lo contrario; los poros son más pequeños debido a la contracción con presiones reducidas y el agua sale sin dificultad debido a su rápida evaporación al entrar en contacto con el aceite, aumentando la crocancia del *chip*. En la textura también se ve afectada la fuerza de ruptura por las altas temperaturas del aceite, debido a que al aumentar la temperatura del aceite disminuye la fuerza de ruptura de la misma manera que cuando se aumenta el nivel de vacío (Garayo & Moreira, 2002; Liu-ping, Min, Gong-nian, Jin-cai, & Qian, 2005a, 2005b).

2.3 SNACKS

Se define un *snack* o bocadito al producto alimenticio que permite mitigar el hambre sin llegar a ser una comida completa. Son alimentos fáciles de manipular constituidos en porciones individuales y satisfacen el apetito a corto plazo. Son elaborados por una variedad de materias primas que van desde la utilización de tubérculos hasta pulpas de frutas, también pueden contener cantidades representativas de sal, conservantes, saborizantes, entre otros. Estos alimentos nutricionalmente pueden ser dañinos, por su alto contenido de grasa. Sin embargo, pueden ser nutritivos cuándo proceden de frutas, legumbres o cereales, por su contenido de antioxidantes. Estos pueden ser fritos con aceites de origen vegetal, pero se pueden utilizar grasas animales. El aceite tiene un gran impacto en el sabor, textura, y la calidad del producto final. Además, estos productos alimenticios pueden ser vendidos sueltos sin embalaje, o en paquetes de polietileno con lo que la vida útil puede extenderse considerablemente (FAO, 2013; INEN, 2010).

Los consumidores eligen sus menús por el sabor, siendo así, los *snacks* y comidas rápidas que son preferidas por la mayoría de los seres humanos, habiendo un incremento en su consumo en los últimos años. Sin embargo, el

consumo de estos tipos de alimentos puede afectar a la salud por su alto contenido de aceite. El consumo de *snacks* no conduce a problemas de salud como la obesidad, la causa más probable, es una dieta desequilibrada con exceso de grasa, azúcar y sal. Si estos alimentos son parte de una dieta más amplia, pueden ser una fuente importante de grasas y energía, en particular para los sectores más pobres de la sociedad, cuya dieta puede ser deficiente en estos nutrientes. Por esto es necesario mejorar la calidad de estos productos pensando en una alimentación saludable y nutritiva (FAO, 2013; Tarmizi & Niranjana, 2010).

2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SNACKS

Los *snacks* se clasifican de acuerdo al tipo de técnicas usadas para su procesamiento, así, se encuentran los *snacks* obtenidos mediante un proceso de frituras (*chips* de tubérculos y frutas) y lo que se pasan por un proceso de extrusión (hojuelas de maíz, cebada, entre otros). Además, existen las confituras obtenidas mediante deshidratación osmótica (Otrotsky, 2004).

Para realizar los *snacks* por extrusión es necesario realizar diversas técnicas donde intervienen las etapas de mezcla, cocción, compresión, amasado y moldeo. Con la extrusión la materia prima (granos, harinas, o subproductos) es forzada a fluir a través de una placa o boquilla diseñada para comprimir, formar y expandir el alimento con lo que se puede ampliar la variedad de alimentos que componen la dieta, a partir de ingredientes básicos con distintos colores y texturas. El laminado también es un proceso de obtención de *snacks*, en donde una lámina de masa homogénea de determinada forma, se sumerge el alimento en aceite caliente a temperaturas de 150 °C a 200 °C por un tiempo determinado. Actualmente los *snacks* procesados por fritura evolucionó para dar paso a la fritura al vacío en donde se controla las

presiones de vacío, se reducen temperaturas de fritura y ofrece una mejor conservación del alimento (Dueik & Bouchon, 2011a; Otrrosky, 2004; Shyu *et al.*, 2005).

2.3.2 VALOR NUTRICIONAL DE LOS SNACKS

Actualmente existen estudios que permiten determinar los aportes nutricionales de los *snacks*. Zamorano , Guzmán , y Ibáñez (2010), indican un estudio acerca de la composición nutricional y consumo en escolares de algunos tipos de *snacks*, en la región metropolitana de Chile cuyos resultados se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química proximal de cuatro alimentos tipo *snack*

Nutriente	Papas fritas tipo corte americano	Papas fritas chips corte liso	Galletas horneadas con chispas de chocolate	Chips de maíz
Humedad (g/100g)	2.3	2.4	2.0	1.7
Ceniza (g/100g)	3.9	3.4	1.2	2.3
Proteína (g/100g)	5.6	6.4	6.2	7.0
Grasa (g/100g)	31.1	29.7	23.9	22.7
Fibra dietaria total (g/100g)	4.5	4.0	2.1	3.9
Hidratos de carbono (g/100g)	52.6	54.1	64.6	62.4
Energía (Kcal/100g)	512.7	509.3	497.9	481.9

(Zamorano *et al.*, 2010)

Las muestras estudiadas presentan un alto contenido de grasa entre 22 y 31 (g/100g), observándose que el contenido más alto es de los 2 tipos de *chips* de papas, este valor es esperado, debido a que estos productos son procesados mediante fritura. Las galletas horneadas y *chips* de maíz presentan valores cercanos a los 23 g/100, con lo que también se constituyen alimentos con alto aporte calórico por su contenido de grasa. (Zamorano *et al.*, 2010) afirma que los contenidos de humedad, ceniza, proteína y fibra dietaria, están dentro de los rangos habituales en la bibliografía consultada. El aporte proteico es relativamente bajo entre 5 y 7 g/100 g, mostrando el contenido más alto en los *chips* de maíz. La fibra dietaria total se encuentra en un rango de 2.1 y 4.5 g/100g y el contenido de cenizas es algo elevado entre 2.3 y 3.9 g/100g, dato atribuible a la presencia de cloruro de sodio en ellos. El aporte calórico está en un rango de 481.9 y 512.7 g/100g, lo cual se los clasifica a estos alimentos como de alta densidad calórica

2.3.3 SNACKS EN EL ECUADOR

El mercado de *snacks* en el Ecuador está avaluado en 200 millones de dólares, con un consumo de 3 kilos al año por habitante. El mercado ecuatoriano destina la producción de *snacks* especialmente hacia los Estados Unidos, este país consume 10 kilos al año de *snacks* por habitante y las estadísticas indican que el 32 % de estadounidenses consume *snacks* como aperitivos diariamente; el 60 % los consume solo como bocadillos para disfrutar; y un 8 % no son consumidores frecuentes, debido a esto, a este país se lo considera uno de los preferidos para exportar este tipo de productos. Las compras de *snacks* corresponden a compras por impulso y en el Ecuador existe una disposición de probar nuevos productos en tiendas de conveniencia tales como: farmacias, estaciones de gasolina, compra de útiles de oficina/escolares, entre otros (PROECUADOR, 2013).

El 90 % de los ecuatorianos consumen *snacks* y lo hacen preferentemente a media mañana o media tarde y además lo consumen de 2 a 3 veces por semana. En su mayoría son productos derivados de maíz y tubérculos. El gran consumo de *snacks* permite introducir nuevos productos que satisfagan las necesidades del consumidor, ya que el consumidor ecuatoriano se interesa por las nuevas tendencias que existe para este mercado. Esta tendencia sugiere que los empresarios ecuatorianos propongan y resalten en sus tablas nutricionales, los valores nutritivos en favor de la salud del consumidor, ya que la preferencia tiende a productos naturales, de bajas calorías y nutritivos. Con los procesos actuales se ofrece al mercado de alimentos productos con características organolépticas más adecuadas y de mejor calidad (Chon, Lam, Ruiz, & Vélez, 2012; PROECUADOR, 2013).

2.4 ACEPTABILIDAD SENSORIAL

La aceptabilidad sensorial es una función natural del ser humano, que lo lleva a aceptar o rechazar el alimento, de acuerdo a las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos. Sin embargo, estas cambian con el tiempo y el momento en que se perciben: dependen tanto de la persona como del entorno. El placer, la satisfacción, el gusto o disgusto, puede ser objeto de estudio a través de análisis afectivos (preferencia o aceptación) utilizados ampliamente para determinar el grado de aceptabilidad del alimento. Estos análisis, son medidos por categorización de criterios como son las opiniones hedonistas. De esta manera, se determina la calidad global, y sensorial del alimento, cuyo instrumento de evaluación es el propio hombre (Moya & Angulo, 2001; Valls, Prieto, & de Castro Martín, 1999).

Para medir la aceptabilidad sensorial, se le presenta al consumidor las muestras de forma simultánea o secuencial, y se le pide que emita un juicio

de preferencia o aceptación, al analizar determinado atributo sensorial. Para esto, se utilizan escalas de categorización adimensionales o dimensionadas relativas, aplicadas en análisis como el de apreciación hedónica. Además, permite apreciar claramente las instrucciones del análisis y se trabaja con al menos cien personas o consumidores no entrenados (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999).

2.4.1 ACEPTABILIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS ELABORADOS CON FRITURA

La aceptabilidad sensorial es un factor importante para determinar calidad del producto. Los estudios de fritura de banano por parte Ammawath, Che Man, Yusof, y Rahman (2001), indican que, las bananas frescas con alto contenido de humedad reportan bajos niveles de crocancia. La variedad *abu* presenta valores más altos de aceptabilidad en relación con la variedad *Nangka*. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, los valores más altos de crocancia presenta la banana *abu*, y esta, tiene menor contenido de humedad en la fruta fresca. Por lo tanto, se sugiere que con alimentos de bajos contenidos de humedad se pueden elaborar *chips* con mejor aceptabilidad en cuanto a su crocancia, mejorando así, la calidad del producto final.

En cuanto a estudios realizados sobre la aceptabilidad sensorial en productos fritos al vacío, muestran que estos productos tienen mayor satisfacción y aceptación por parte de los consumidores. El estudio de Da Silva y Moreira (2008) en mango, frijoles, camote y papa azul; indica que con fritura al vacío los *snacks* presentan mayor aceptación que los fritos a fritura atmosférica. Con fritura atmosférica estos productos presentan valores muy bajos de color y textura. Además, el olor y sabor se conservan

contribuyendo a la calidad del producto. El camote y papa azul se pueden freír con los dos métodos, obteniendo valores similares, sin embargo; los fritos al vacío presentan mayor aceptación. El estudio de aceptabilidad sensorial de Yamsaengsung, Ariyapuchai, y Prasertsit (2011) para banana, indican que la fritura al vacío mejora las estructuras del alimento, mejorando la textura y crocancia de al alimento, lo que contribuye a una mayor aceptación del producto por parte del consumidor.

Basuny *et al.* (2012) indican en su estudio de aceptabilidad sensorial para papa, que los fritos al vacío tienen mayor aceptación que los fritos a presión atmosférica. Con la fritura al vacío el *chip* presenta menor oscurecimiento y color más dorado que los fritos en condiciones atmosféricas. La textura y la crocancia, también obtuvieron valores altos de aceptabilidad en la fritura al vacío y bajos para la fritura convencional. La calidad sensorial, sabor y calidad general fueron significativamente mejores que en la fritura convencional. Troncoso *et al.* (2009) también muestra resultados similares en papa, en donde, el *chip* frito al vacío mejora su crocancia y disminuye su oscurecimiento y además, conserva el color y el sabor característico del alimento.

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo se utilizaron los siguientes métodos y análisis.

3.1 MATERIA PRIMA

Se utilizó mango (*Mangifera indica L.*) variedad *Tommy Atkins* que fue adquirido en el mercado local. Las frutas fueron lavadas con agua potable, y refrigeradas a 10 ± 3 °C hasta el momento de su procesamiento. Se cortó longitudinalmente en rodajas con un espesor de 3 ± 1 mm, con la rebanadora AURORA FS04.

3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

Se realizó el análisis físicoquímico del mango fresco cuyas fotografías constan en el Anexo 1, y se determinó mediante los siguientes parámetros:

- Peso con el uso de una balanza electrónica con precisión de 0.01g.
- Diámetro y Longitud, fueron medidos con el uso del calibrador con precisión de 0.1 mm (Bensson).
- Para la determinación pH se utilizó el potenciómetro, según norma NTE 389 (INEN, 1985).

- La determinación de concentración de sólidos solubles en °brix se midió con refractómetro según la norma NTE 380 (INEN-380, 1985).
- El contenido de humedad según la norma NTE 518 (INEN, 1980b).
- Para la determinación de acidez se midió con el uso del potenciómetro (Martini Instruments), según la norma NTE 381 (INEN-381, 1985).

3.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS APERITIVOS DE MANGO

- En la caracterización se midió la fuerza de ruptura con un Penetrómetro (Italy) Fruit firmness tester y los resultados se expresan en N. El número de réplicas para este análisis fue igual a 20 y se realizó en el centro de investigación de alimentos de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Sus fotografías se indican en el Anexo 2.
- El contenido de humedad con la norma NTE 518 (INEN, 1980b). El número de réplicas para este análisis fue de 3 y se realizó en el centro de investigación de alimentos de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Sus fotografías se indican en el Anexo 2.
- Análisis de contenido de grasa mediante el método SOXHLET, descrito en NTE 523 (INEN, 1980a). El número de réplicas para este análisis fue de 2 y se realizó en el laboratorio de análisis instrumental de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Sus fotografías se indican en el Anexo 2.

3.4 CÁLCULO DE RENDIMIENTOS

Para el cálculo de rendimiento se utilizó el peso de pulpa de la futa, peso de cascara, peso de pepa y peso final del producto.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para medir los efectos obtenidos se realizó el Análisis de varianza (ANOVA) multifactorial con un nivel de confianza del 95 %. Se aplicó un Diseño Central Compuesto Rotacional 2^2 (DCCR) y se analizaron los resultados con superficie de Respuesta para evaluar los efectos de las variables independientes (Presión y Temperatura) con 2 niveles cada uno, alto (+1) y bajo (-1) como se indica en la Tabla 3, con un tiempo de fritura de 12 min.

Tabla 3. Variables de diseño central compuesto rotacional 2^2 (DCCR)

CODIFICADOS	-α	-1	0	+1	+α
TEMPERATURA (°C)	107.91	110	115	120	122.07
PRESION ABSOLUTA (kPa)	2.26	4.26	9.08	13.91	15.91

Con el diseño se obtuvo 10 puntos experimentales dentro de los cuales se indican cuatro factoriales, dos centrales, cuatro axiales. Las combinaciones de los ensayos del DCCR se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Combinaciones del ensayo central compuesto rotacional 2²
(DCCR)

VARIABLES CODIFICADAS		TEMPERATURA DE FRITURA (°C)	PRESIÓN ABSOLUTA (kPa)
-1	-1	110	4.26
-1	1	110	13.91
1	-1	120	4.26
1	1	120	13.91
0	α	115	15.91
0	$-\alpha$	115	2.26
$-\alpha$	0	107.929	9.08
α	0	122.071	9.08
0	0	115	9.08
0	0	115	9.08

Los requisitos de contenido de humedad y grasa se muestran en la Tabla 5, los mismos que están establecidos en la norma INEN 2561-2010 para bocaditos vegetales.

Tabla 5. Requisitos bromatológicos para bocaditos vegetales.

REQUISITOS MÁXIMOS	
% Grasa	% Humedad
40	5

(INEN, 2010)

3.6 PROCESO DE OBTENCIÓN DE SNACKS DE MANGO

Para la obtención de snacks de mango se utilizó el procedimiento descrito en la Figura 5 y las fotografías se indican en el Anexo 3. En la selección, se descartó la fruta que presentó abolladuras, presencia de insectos, algún tipo de daño mecánico o deterioro causado por microorganismos. La fruta fresca fue lavada con agua potable y desinfectada con cloro a 5 ppm por un tiempo de 5 min.

El pelado de la fruta fue manual mediante la utilización de cuchillos o peladores. En cada procesamiento de fritura al vacío se pesaron 300 g de rodajas de mango. Se utilizó el sistema de fritura al vacío, proyecto UTE IV.UIO.ING.08, ubicada en el centro de investigación de la Universidad Tecnológica Equinoccial para lo cual se usó aceite comercial marca Danolin FRI 3317 para el procesamiento. El sistema de fritura al vacío se indica en la Figura 6.

Se evaluarán los cambios con respecto a la humedad, textura y contenido de grasa.

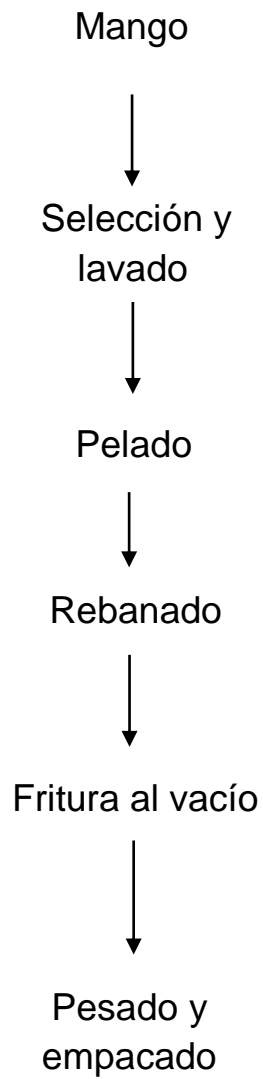
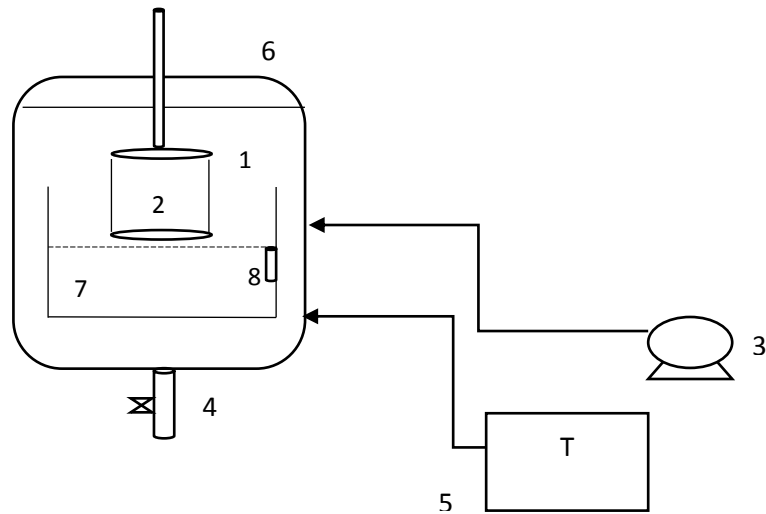


Figura 5. Diagrama de flujo del procesamiento de fritura al vacío para *snacks* de mango.



1 Cámara de vacío; 2 Portamuestras; 3 Bomba de vacío; 4 Válvula para romper vacío; 5 Tablero de control; 6 Tapa; 7 Recipiente de fritura; 8 Sensor de temperatura.

Figura 6. Sistema de fritura al vacío

3.7 ACEPTABILIDAD SENSORIAL

La evaluación sensorial para los *chips* de mango se realizó utilizando una escala hedónica de 10 puntos en donde 1 corresponde a “Me desagrada Mucho”, y 10 “Me gusta Mucho”. Su formato consta en el Anexo 4. Los participantes fueron 100 posibles consumidores de la Universidad Tecnológica Equinoccial, de ambos sexos, que se encuentran entre los 17 y 27 años de edad. Las muestras pesaron aproximadamente 2 g y se les sirvió en platos de plástico. El proceso se realizó en la Plana Piloto de alimentos de la Universidad, y como neutralizador se utilizó un vaso con agua (Moya & Angulo, 2001; Ureña *et al.*, 1999; Valls *et al.*, 1999).

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los resultados obtenidos en el DCCR 2², con metodología de superficie de respuesta a un nivel de confianza del 95%, se usó el software estadístico Statgraphics Centurion XV.II.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización se realizó con los métodos descritos en el numeral 3.2 y cuyos resultados se presentan a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Caracterización Físicoquímica del mango fresco.

ANÁLISIS	VALORES OBTENIDOS	VALORES (BIBLIOGRAFÍA)
PESO (g)	552.83 ± 52.17	433.3 – 560
LONGITUD (cm)	12.95 ± 0.60	8.73 - 13.5
DIÁMETRO (cm)	9.15 ± 1.31	8.1 -10.7
HUMEDAD (%)	86.78 ± 0.92	80.8 - 88.0
SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	16.16 ± 0.89	12.41 - 17.32
pH	4.01 ± 0.24	3.97 - 4.33
ACIDEZ TITULABLE (%)	0.25 ± 0.02	0.23 - 0.6

Media ± desviación estándar (n=3)

La fruta seleccionada fue la que no presentaba abolladuras o defectos de alguna clase y se clasificó en categoría “extra” y el peso en calibre B según la norma del codex alimentarius STAN 184 (CODEX, 2005). El mango variedad *Tommy atkins* presentó un contenido de humedad del 87 % y

concuerta con el valor presentado por Villamizar *et al.* (2012), en donde muestra un contenido de humedad para mango de 87.42 %. Otras frutas tropicales presentan un contenido similar de humedad. Lastriyanto, Soeparman, Soenoko, y Sumardi (2013) reportan para piña un 83.87 % de humedad. Otros autores como Ciro, Vahos, y Márquez (2005) indican que para tomate de árbol el contenido de humedad es de 88% y Gomez (2013) reporta 82% de humedad para kiwi.

Los Solidos solubles fueron de 16.16 °Brix, valor que es mayor al obtenido obtenidos por Villamizar *et al.* (2012) que reporta 15 °brix. Este valor también es mayor que en los datos reportados por Carrera, Mark, y Gil (2008), en donde los sólidos solubles son de 8.33 °Brix, lo que sugiere que el mango se encuentra en madurez fisiológica, y conforme su maduración avanza con el tiempo, la cantidad de solidos solubles es mayor.

Los valores obtenidos de peso 552.83 g, longitud 12.95 cm, diámetro 9.15 cm, pH 4.01, y Acidez titulable 0.25 %, para el mango en estado fresco concuerdan con los datos obtenidos por los autores (Carrera *et al.*, 2008; Mellado-Vázquez, Salazar-García, Treviño-de la Fuente, González-Durán, & López-Jiménez, 2012; R. Villamizar & G. A. Giraldo, 2010).

4.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE SNACK DE MANGO

4.2.1 DETERMINACIÓN DE VALORES OBTENIDOS EN FRITURA AL VACÍO

Los resultados de la combinación de los experimentos de superficie de respuesta para humedad, grasa y textura se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados obtenidos del contenido de humedad, grasa y textura del mango frito utilizando las combinaciones del ensayo central compuesto rotacional 2^2

Tratamiento	Valor real (código)		HUMEDAD %	GRASA %	TEXTURA (N)
	$\Delta T(^{\circ}C)$	P (kPa)			
1	110 (-1)	13.91(1)	3.05± 0.31	22.0± 0.2	0.28± 0.07
2	110 (-1)	4.26(-1)	1.88± 0.08	30.3± 1.9	0.22± 0.02
3	120 (1)	13.91(1)	2.16± 0.25	21.5± 0.2	0.18± 0.04
4	120 (1)	4.26(-1)	2.15± 0.07	28.2± 0.9	0.22± 0.04
5	115 (0)	2.26 (-α)	1.67± 0.22	27.4± 0.6	0.415± 0.04
6	115 (0)	15.91 (α)	2.45± 0.33	24.2± 0.6	0.20± 0.02
7	107.9 (-α)	9.08 (0)	2.61± 0.37	28.2± 0.2	0.20± 0.08
8	122.07 (α)	9.08 (0)	2.01± 0.19	28.15±1.1	0.27± 0.08
9	115 (0)	9.08 (0)	2.49± 0.05	22.5± 0.2	0.30± 0.06
10	115 (0)	9.08 (0)	2.28± 0.27	22.1± 0.7	0.33± 0.06

4.2.2.1. Contenido de humedad

A los valores de humedad reportados en la Tabla 7, se les aplicó la metodología de superficie de respuesta, el análisis de varianza obtenido se presenta en la Tabla 8; en la cual se aprecia que las variables temperatura, presión, así como su interacción temperatura-presión influyen significativamente en la pérdida de humedad.

Tabla 8. Análisis de varianza para el contenido de humedad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
T: Temperatura	0.269571	1	0.269571	17.80	0.0135
P: Presión	0.65158	1	0.65158	43.03	0.0028
T ²	0.000178296	1	0.000178296	0.01	0.9188
TP	0.3364	1	0.3364	22.21	0.0092
P ²	0.0787518	1	0.0787518	5.20	0.0847
Error total	0.0605726	4	0.0151431		
Total (corr.)	1.41085	9			
R ²	95 %				

Además el R² es de 95%, indicando que este porcentaje de los datos experimentales se ajustan al modelo matemático, el mismo que se representa con la Ecuación 1.

$$\% H = -10.260 + 0.129 \cdot T + 1.543 \cdot P - 0.00024 \cdot T^2 - 0.012 \cdot T \cdot P - 0.005 \cdot P^2 \quad [1]$$

Donde:

H= Humedad

T= Temperatura

P= Presión

En la Figura 7 se muestra los efectos principales de las variables temperatura y presión, en donde se observa que la temperatura tiene una relación lineal con el contenido de humedad mientras que la presión absoluta tiene una relación cuadrática. El aumento de la temperatura del nivel inferior al superior reduce el contenido de humedad, y la disminución de la presión absoluta del nivel mayor al menor también reduce el contenido de humedad significativamente, siendo la presión absoluta la variable con mayor impacto en la disminución de contenido de humedad.

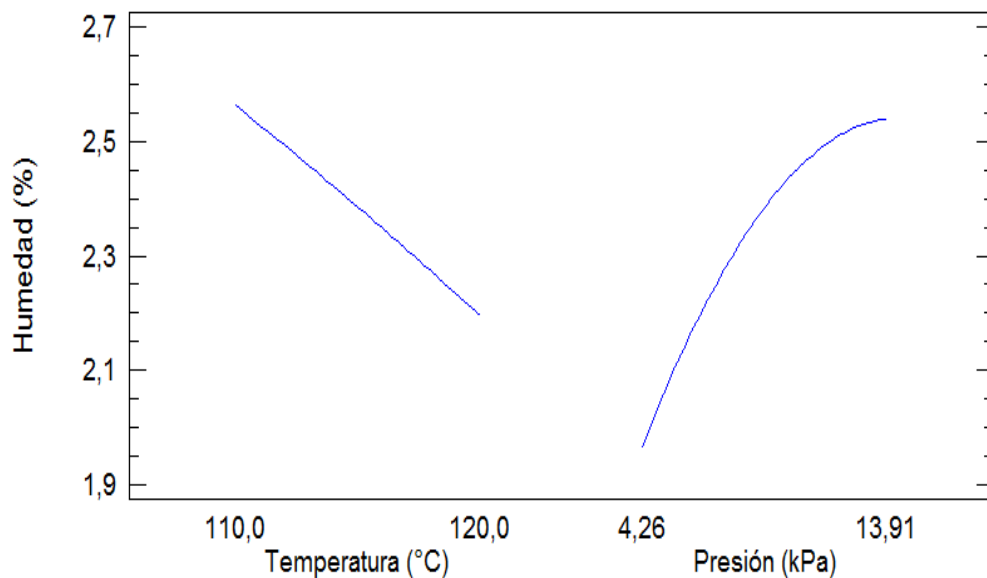


Figura 7. Efectos principales para las variables temperatura y presión en el mango frito.

La Figura 8 muestra la interacción de las variables Temperatura y Presión, en donde se observa que para los niveles inferiores de presión absoluta y de temperatura (simultáneamente) el contenido de humedad es menor. Al aumentar de nivel la presión absoluta manteniendo la temperatura alta, no se evidencia cambios en el contenido de humedad; pero este comportamiento cambia en la temperatura baja, es decir al incrementar la presión el contenido de humedad es mayor.

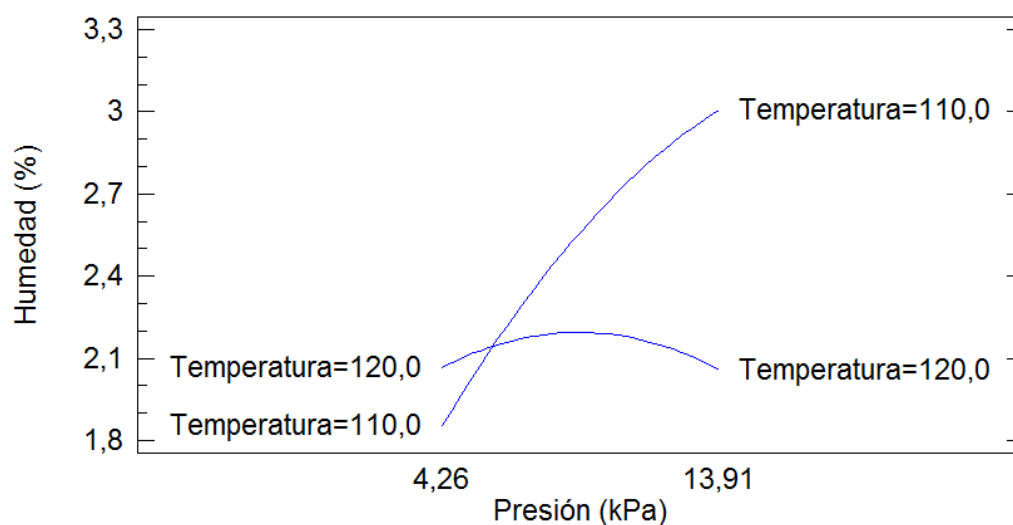


Figura 8. Gráfico de interacción Temperatura-Presión para el mango frito

Los mayores porcentajes de humedad se obtuvieron a una temperatura de 110°C y a presiones absolutas por encima de los 10 kPa, tal como se observa en la Figura 9. Los Resultados indican que a una mayor presión absoluta se obtiene mayor porcentaje de humedad (menor presión de vacío), esto es debido a que cuando la presión de vacío es mayor, el punto de saturación del agua desciende, y la velocidad de pérdida de agua aumenta, mismos resultados encontraron Villamizar *et al.* (2012) donde evaluaron el efecto de la temperatura (100, 110, 120 °C) y presión de vacío (0.4, 0.5, 0.6 bar) en pasabocas de mango (*Mangifera indica L.*) sobre el contenido de humedad. Para cada uno de los tratamientos, el contenido de humedad disminuyó con el aumento de presión de vacío (menor presión absoluta) y temperatura de fritura, el mismo fenómeno también se observa en chips de kiwi, elaborado por Diamante, Savage, y Vanhanen (2012), Tinoco *et al.* (2008) para *chips* de piña, Fan, Zhang, y Mujumdar (2005) en *chips* de zanahoria y S. L. Shyu y L. S. Hwang (2001) para *chips* de manzana, Garayo y Moreira (2002) para *chips* de papa.

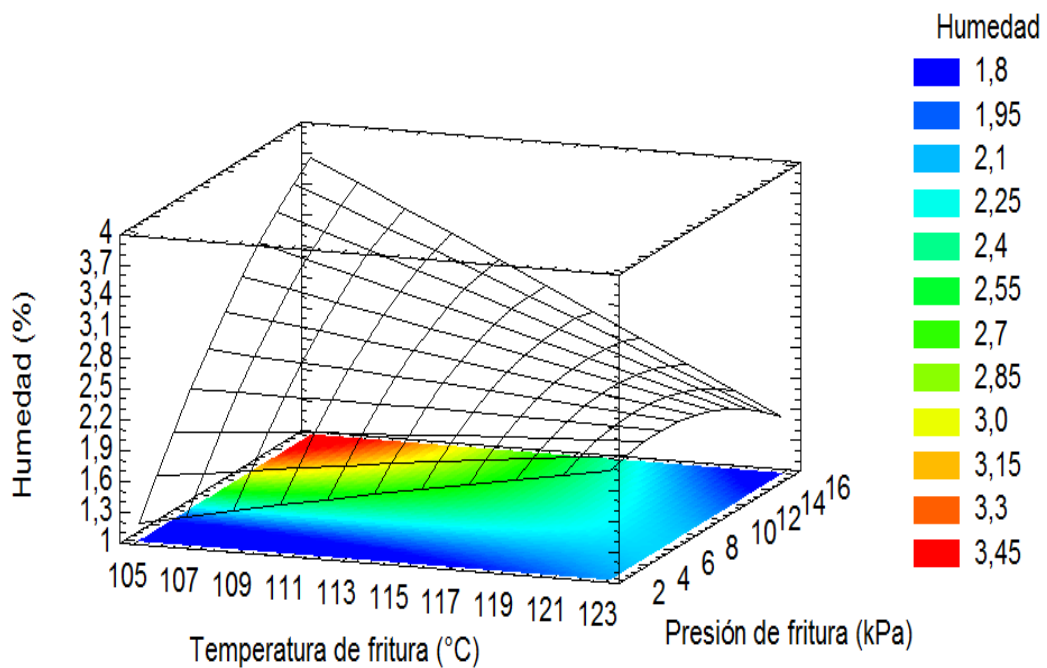


Figura 9. Gráfico de superficie de respuesta para el contenido de humedad.

El aumento de la temperatura y la disminución de presión absoluta reducen el contenido de humedad significativamente. Bravo, Sanjuán, Clemente, y Mulet (2011), en su estudio del efecto de la presión de vacío en frituras de manzana, que se realizó a tres presiones absolutas de vacío (8, 13, 16, kPa) y temperaturas entre 80 y 120 °C, obtuvieron a una presión absoluta de 16 kPa una menor tasa de pérdida de agua, y a 8 kPa mayor pérdida de agua. Indicando que en efecto, cuando se aumenta la presión de vacío (menor presión absoluta) y la temperatura, la tasa de pérdida de agua es mayor, debido; a que cuando la presión de vacío es mayor el punto de ebullición del agua disminuye, y el agua se evapora rápidamente en el producto frito.

El valor R^2 es alto por lo tanto se puede ajustar al diseño de superficie de respuesta y optimizar el proceso. La Figura 10 muestra las curvas de contorno y el punto óptimo a partir de las combinaciones de temperatura y

presión, que permiten obtener el contenido de humedad mínimo, el mismo que cumple con las especificaciones de la norma NTE INEN 2 561: (2010) para Bocaditos Vegetales el cual menciona un contenido máximo de humedad del 5%. Los valores de temperatura y presión para el punto óptimo de contenido de humedad se indican en la Tabla 9.

Tabla 9. Punto óptimo para el contenido de humedad en aperitivos de mango

Factor	Óptimo	Contenido de humedad
Temperatura (°C)	107.92	1.38 %
Presión (kPa)	2.26	

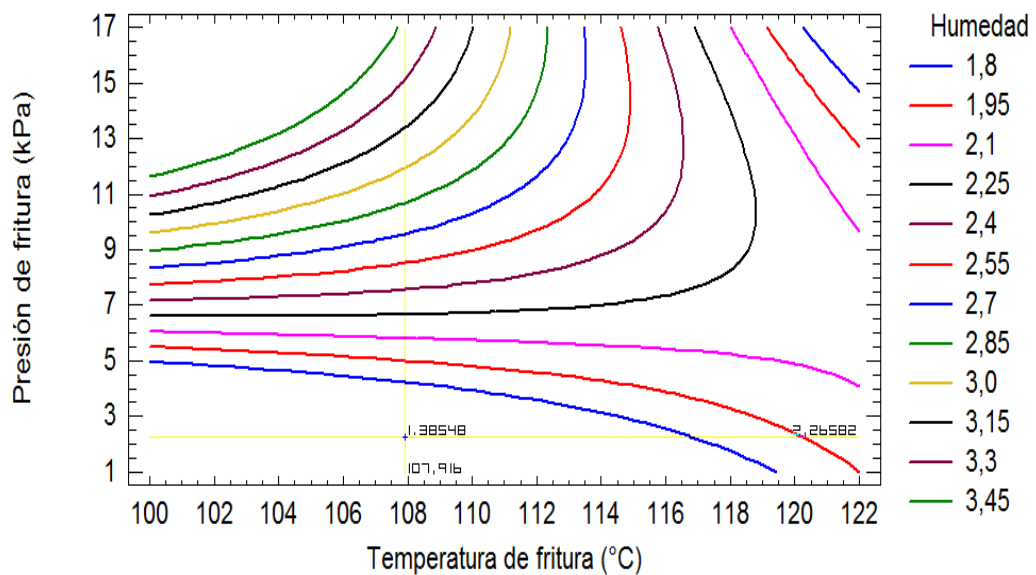


Figura 10. Curvas de contorno para el contenido de humedad.

Además el valor del punto óptimo es similar al reportado por algunos estudios; así, Villamizar *et al.* (2012) obtuvieron un contenido de humedad del 1.25 % en mango y Dueik, Robert, y Bouchon (2010) reportaron 2 % en chips de Zanahoria; Nuñez y Moreira (2009) reportaron 2 % en mango; Tinoco *et al.* (2008) reportó 3.7% de humedad en *chips* de Piña; Diamante, Savage, y Vanhanen (2012) mostraron un 2.5 % de humedad en *chips* de Kiwi; Garayo y Moreira (2002) obtuvieron una humedad del 2 % para los *chips* de papa, Therdthai *et al.* (2007) reportaron 3.7 % de humedad para chalote, Da Silva y Moreira (2008) obtuvieron para *chips* mango 1.48 %, 0,28 % para papa azul, 3.42% para arvejas y camote 3 % y S.-L. Shyu y L. S. Hwang (2001) obtuvieron 2 % de humedad en chips de manzana, Dueik *et al.* (2010) para *chips* de Zanahoria y Diamante, Savage, Vanhanen, y Ihns (2012) en *chips* de albaricoque.

4.2.2.2. Contenido de Grasa

A los valores de grasa reportados en la Tabla 7, se les aplicó la metodología de superficie de respuesta, el análisis de varianza obtenido se presenta en la Tabla 10; en la cual se aprecia que las variable presión, influye significativamente en la perdida de grasa.

Tabla 10. Análisis de varianza para el contenido de grasa.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
T:Temperatura	0.901062	1	0.901062	0.19	0.6858
P:Presión	47.6556	1	47.6556	10.02	0.0340
T ²	30.1349	1	30.1349	6.34	0.0656
TP	0.64	1	0.64	0.13	0.7323
P ²	8.67423	1	8,67423	1.82	0.2482
Error total	19.0256	4	4.75641		
Total (corr.)	98.7872	9			
R ²	80%				

Se obtuvo un R² del 0.80 indicando que el 80 % de los datos se ajustan al modelo matemático que se representa en la Ecuación 2:

$$\% G = 1415,04 - 23,839*T - 3,487*P + 0,102*T^2 + 0,016*T*P + 0,059*P^2 \quad [2]$$

Donde:

G= Grasa

T= Temperatura

P= Presión

En la Figura 11 se muestra los efectos principales de las variables temperatura y presión, en donde se observa que la temperatura y la presión absoluta tienen una relación cuadrática con el contenido de grasa. El aumento de la temperatura de 110°C a 115°C minimiza el contenido de grasa, sin embargo, cuando la temperatura aumenta de 115°C a 120 °C el contenido de grasa aumenta. El aumento de la presión absoluta del nivel menor al mayor reduce el contenido de grasa significativamente, siendo la presión absoluta la variable con mayor impacto en la disminución de contenido de grasa.

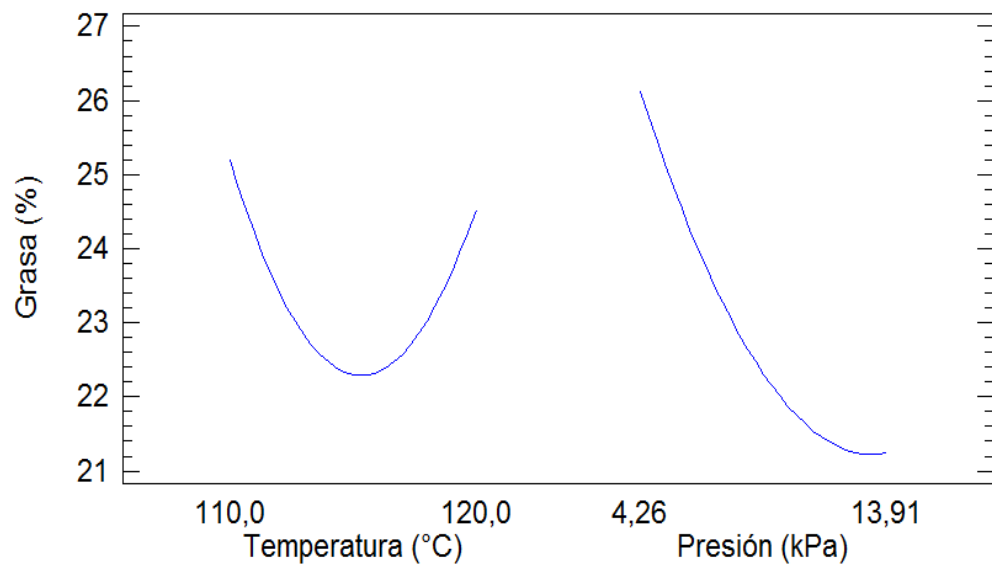


Figura 11. Efectos principales para las variables Temperatura y presión para el contenido de grasa en el mango frito.

La Figura 12 muestra la interacción de las variables Temperatura y Presión, en donde se observa que para los niveles inferiores de presión absoluta y de temperatura (simultáneamente) el contenido de grasa es mayor. Al aumentar de nivel la presión absoluta manteniendo la temperatura baja, el contenido

de grasa es menor. Si se mantiene la presión en nivel superior y se cambia la temperatura a nivel mayor el contenido de grasa es menor, al mismo nivel de temperatura y nivel bajo de presión absoluta se evidencia que el contenido de grasa es mayor; pero con temperatura no se observó cambios en el contenido de grasa.

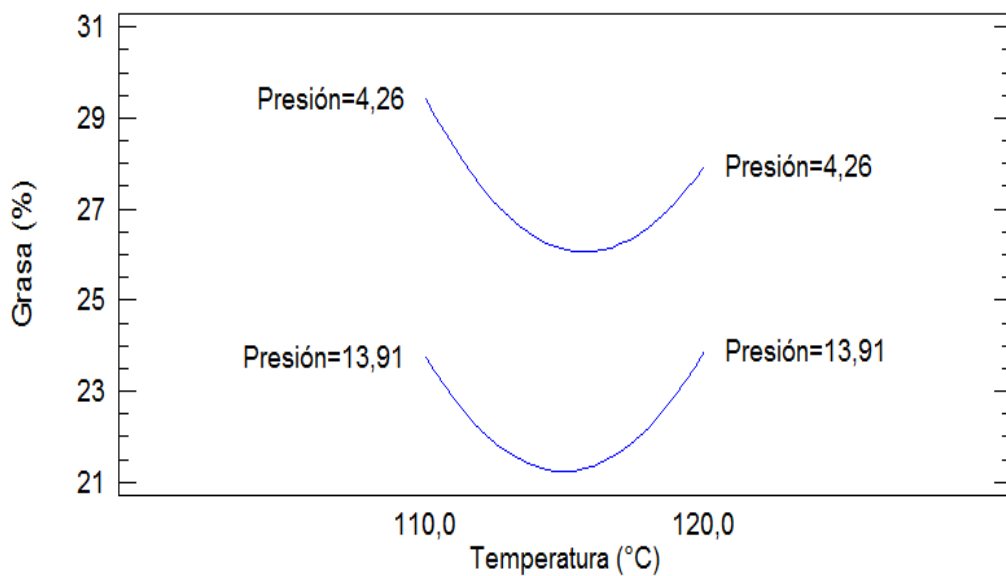


Figura 12. Gráfico de interacción Temperatura-Presión para el contenido de grasa en mango frito

Si se aumenta la presión absoluta de vacío el contenido de grasa es mayor, tal como se observa en la Figura 13, es decir, que si se aumenta la presión absoluta, tendremos una menor presión de vacío en el sistema. En efecto, los contenidos más bajos de grasa fueron obtenidos a temperaturas que están entre 114 y 116 °C, con presiones que están entre los 10 y 13 kPa. Por el contrario, cuando se disminuye la temperatura entre 110°C y 112 °C, con presiones que están entre 4 y 6 kPa el contenido de grasa aumenta. El mismo fenómeno ocurre en el estudio de Garayo y Moreira (2002) de fritura al vacío de papa, en donde utilizaron tres temperaturas (118, 134, 144 °C) y tres presiones de vacío (16.66, 9.88, 3.11 kPa), en tiempos establecidos

para determinar la velocidad de absorción de aceite y de secado en el *chip*. Según los autores, la absorción de aceite se incrementa cuando la presión de vacío aumenta, es decir, cuando la presión absoluta disminuye. Esto es debido probablemente a que al aumentar la presión de vacío la temperatura de saturación del agua disminuye, la pérdida de agua se incrementa, y la costra se desarrolla rápidamente, ocupando el aceite el espacio que deja el agua libre del alimento. A mayores presiones absolutas (vacío), en este caso a 16.6 kPa, el agua no se evapora rápidamente y queda retenida en el alimento, impidiendo el paso de aceite hacia el *chip* ocasionando una disminución del contenido de grasa.

Bravo *et al.* (2011) en el estudio que elaboraron sobre el efecto de la presión en la fritura de manzana también indican, que la presión de vacío juega un papel importante en la tasa de pérdida de agua, a una mayor presión de vacío la velocidad de secado es mayor, y el contenido de humedad disminuye, por lo tanto, según el artículo, la disminución de humedad ocurre debido al aumento de presión, lo que eleva la velocidad de absorción de aceite y evaporación del agua.

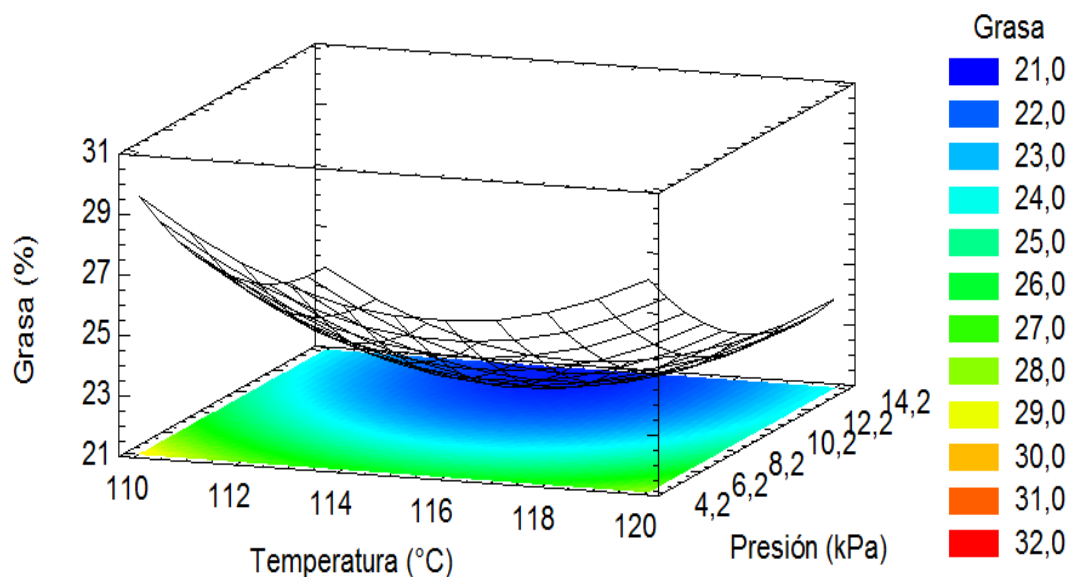


Figura 13. Gráfico de superficie de respuesta para el contenido de grasa.

El valor R^2 es alto por lo tanto se puede ajustar al diseño de superficie de respuesta y optimizar el proceso. La Figura 14 muestra las curvas de contorno y el punto óptimo a partir de las combinaciones de temperatura y presión, que permiten obtener el contenido de grasa mínimo de 21 %, y se puede considerar “bajo en grasa” en el mercado; además, cumple con las especificaciones de la norma NTE INEN 2 561: (2010) para Bocaditos Vegetales, el cual menciona un contenido máximo de grasa del 40%. Los valores de temperatura y presión para el punto óptimo mínimo de contenido de grasa se indican en la Tabla 11.

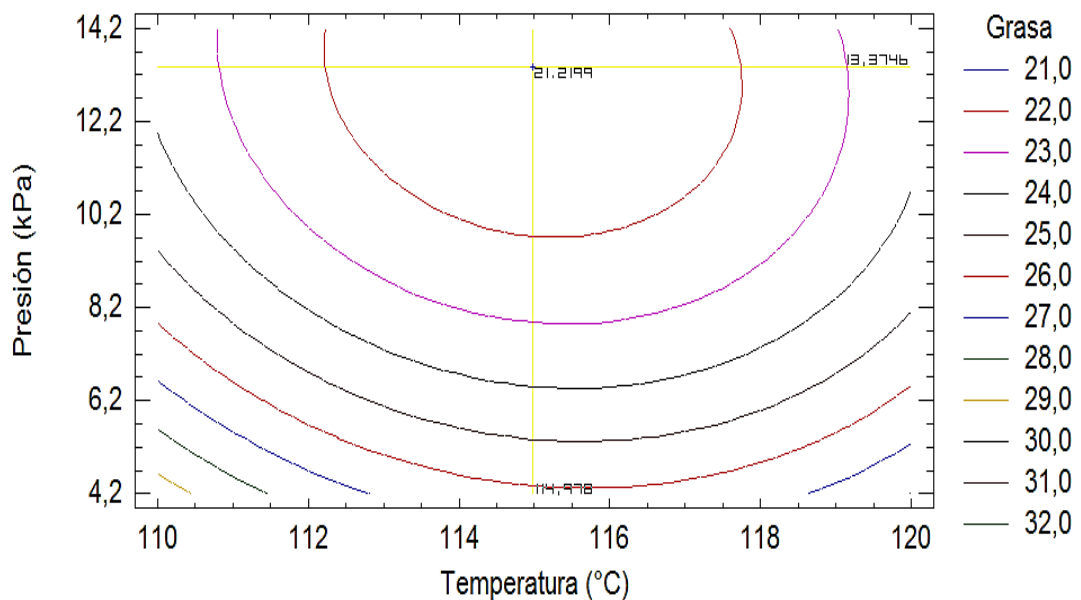


Figura 14. Curvas de contorno para el contenido de grasa.

Tabla 11. Punto óptimo para el contenido de grasa en aperitivos de mango

Factor	Óptimo	Contenido de grasa
Temperatura (°C)	114.98	21.22 %
Presión (kPa)	13.36	

Los valores fueron reportados a diferentes presión absolutas de vacío y temperaturas. A una presión absoluta de 13.91 kPa y a 110 °C el contenido más bajo de grasa es de 21.5 %. El contenido más alto de grasa es de 30 % a una temperatura de 110 °C y a una presión absoluta de 4.26 kPa. Además, el valor del punto óptimo mínimo es similar a los reportados Basuny *et al.* (2012) para fritura al vacío de papa en donde se obtiene un porcentaje del 30 % de grasa aproximadamente. Diamante, Savage, Vanhanen, *et al.* (2012) para fritura al vacío de durazno con un porcentaje aproximado del 24 %. Tinoco *et al.* (2008) reportó un 18 % aproximadamente para fritura de piña. Nunes y Moreira (2009) 22 % de grasa para chips de mango. Diamante, Presswood, Savage, y Vanhanen (2011) reporta 36 % para kiwi.

4.2.2.3. Análisis de Textura

En la Tabla 12 se muestra el análisis de varianza donde indica que no existe influencia significativa en las variables de proceso (Temperatura y Presión) debido a que el valor p de los coeficientes de regresión son mayores a 0.05.

Tabla 12. Análisis de varianza para Textura (Fuerza de ruptura)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	1.26506E-7	1	1.26506E-7	0.00	0.9965
B:Presión	0.010086	1	0.010086	1.77	0.2543
AA	0.0121542	1	0.0121542	2.13	0.2180
AB	0.0025	1	0.0025	0.44	0.5440
BB	0.00107188	1	0.00107188	0.19	0.6869
Error total	0.0228043	4	0.00570108		
Total (corr.)	0.0478025	9			
R ²	52 %				

Se obtuvo un R² del 0.52 indicando que el 52 % de los datos no se ajustan al modelo matemático que se representa en la Ecuación 3.

$$\text{Tex} = -28,02 + 0,483 \cdot T + 0,123 \cdot P - 0,002 \cdot T^2 - 0,001 \cdot T \cdot P - 0,000657734 \cdot P^2 \quad [3]$$

Donde:

Tex= Textura

T= Temperatura

P= Presión

La ecuación de regresión indica que al aumentar la temperatura la textura disminuye y si aumentamos la presión la textura aumenta. En la figura 15 se muestra que tanto la temperatura como la presión, muestran una relación cuadrática.

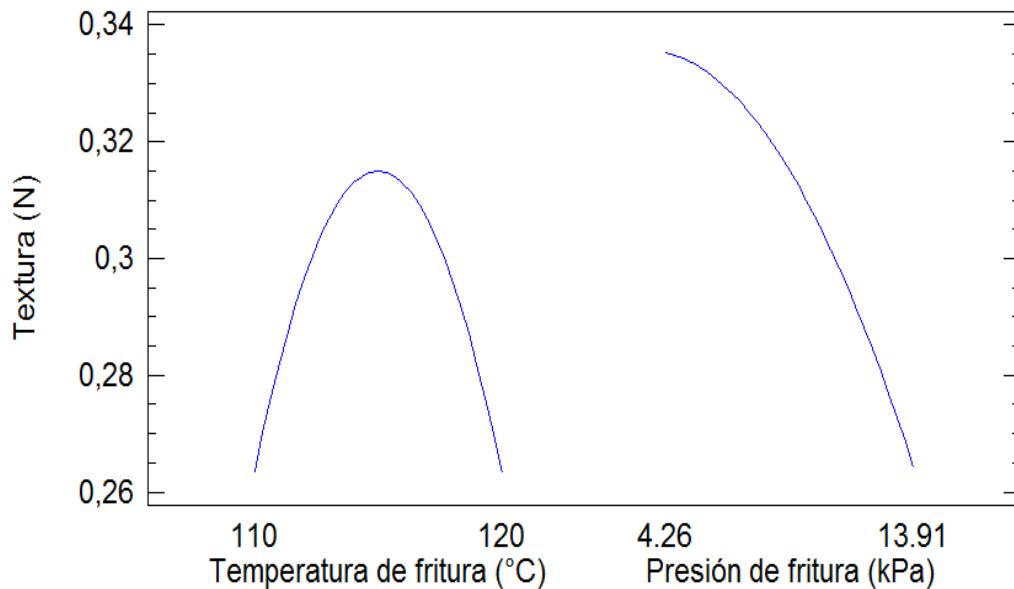


Figura 15. Efectos principales para las variables Temperatura y presión para textura en el mango frito

Los valores reportados fueron entre 0.18 N y 0.41 N. El aumento de la temperatura de 110 °C a 115 °C maximiza la fuerza de ruptura, sin embargo cuando la temperatura aumenta de 115°C a 120 °C la la textura (fuerza de ruptura) es mínima. En cuanto a la presión absoluta, a mayor presión absoluta (baja presión de vacío) la fuerza de ruptura disminuye. Valores bajos de fuerza de ruptura, indican valores altos de crocancia. Sin embargo, no existió influencia significativa en el proceso.

En la Figura 16 se aprecia la interacción de las variables Temperatura y Presión, en donde al aumentar la temperatura al nivel menor al mayor manteniendo la presión en su nivel bajo, la fuerza de ruptura es mayor. Sin

embargo, cuando el nivel de presión absoluta es mayor y el nivel de temperatura es mayor se minimiza la fuerza de ruptura. A temperatura baja no se evidencia cambios cuando la presión absoluta pasa de nivel inferior a superior, no obstante, si se conserva la temperatura en su nivel más alto, la textura disminuye al punto mínimo. Los valores bajos de textura con una mayor temperatura de fritura y presión absoluta alta, también se muestran en el estudio de Tinoco *et al.* (2008) donde indica, que para chips de piña a 24 kPa de presión absoluta, obtiene baja fuerza de ruptura y se sugiere que al aumentar la presión absoluta la fuerza de ruptura disminuye. En cuanto al nivel menor de presión absoluta y temperatura, Diamante *et al.* (2011) indican en los chips de kiwi, que al disminuir la temperatura con una presión absoluta de 2.3 kPa la fuerza de ruptura es menor, lo que indica que si la presión absoluta y la temperatura de fritura disminuye tiende a disminuir la fuerza de ruptura. Los datos obtenidos similares a los reportados por Serrano (2013) para chips de mashua en donde obtuvo 0.2 N en mashua cocida y 0.32 en mashua deshidratada.

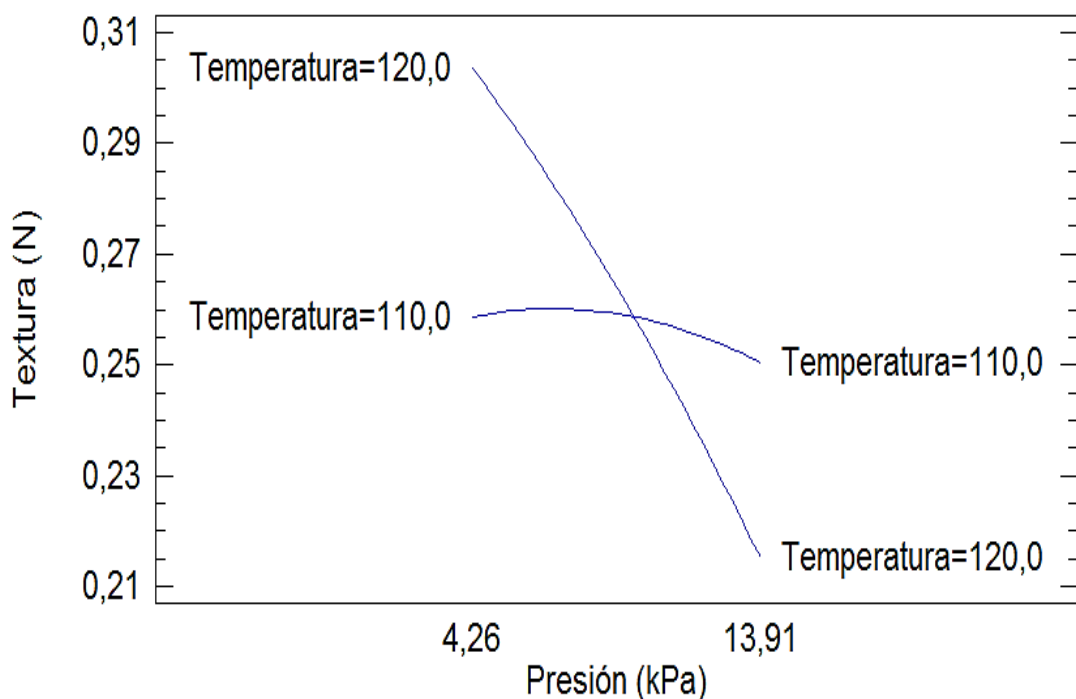


Figura 16.Gráfico de interacción Temperatura-Presión para el mango frito.

4.3 CÁLCULO DE RENDIMIENTOS EN EL PROCESO DE FRITURA AL VACÍO

El cálculo de los rendimientos en cada tratamiento se obtiene con la ecuación 4:

$$\% \text{ Rendimiento} = (\text{peso final/peso inicial}) * 100 \quad [4]$$

En la tabla 13 se indica el peso y los rendimientos de la fritura al vacío de mango, donde se puede observar que el rendimiento para pulpa es menor al 70% y para el producto frito es muy bajo menor al 50%.

Tabla 13. Pesos y rendimientos de mango para uso en fritura al vacío

TRATAMIENTOS		PESO INICIAL DE MANGO (g)	PESO FINAL DE PULPA (g)	% R EN PULPA	PESO INICIAL EN CANASTA (MAX 300 g)	Peso final de fritura (g)	% R EN FRITURA	% R total
$\Delta T(^{\circ}C)$	P (kPa)							
110	13.91	480.12	368.96	77%	289.5	62.26	22%	13 %
110	4.26	411.22	288.17	70%	288.17	63.74	22%	16%
120	13.91	525.92	339.21	64%	287.23	52.20	18%	10%
120	4.26	474.04	381.5	80%	295.72	63.72	22%	13%
115	2.26	540.51	346.95	64%	271.79	57.22	21%	11%
115	15.91	427.23	271.94	64%	271.94	50.32	19%	12%
107.9	9.08	470.17	250.27	53%	250.27	47.01	19%	10%
122	9.08	492.23	273.98	56%	273.98	51.47	19%	10%
115	9.08	480.16	300.87	63%	284.88	53.6	19%	11%
115	9.08	438.15	265.46	61%	265.46	58.54	22%	13%
PROMEDIO		473.975	308.731	65%	277.894	56.008	20%	12%

El rendimiento en el punto óptimo del proceso se indica en la Tabla 14.

Tabla 14. Rendimiento del punto óptimo en mango frito

PUNTO ÓPTIMO		PESO INICIAL DE MANGO (g)	PESO DE CASCARA Y PEPA (g)	PESO FINAL DE PULPA (g)	% R EN PULPA	PESO INICIAL EN CANASTA (MAX 300 g)	Peso final de fritura (g)	% R EN FRITURA
$\Delta T(^{\circ}C)$	P (kPa)							
115	13	426.14	123.16	302.98	71%	275.17	60.51	22%

4.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS APERITIVOS DE MANGO

Con la obtención del punto óptimo del proceso a 115 °C y 13 kPa, los aperitivos de mango mostraron los valores de humedad, Grasa y textura que se indican en la Tabla 15.

Tabla 15. Caracterización fisicoquímica del mango frito

HUMEDAD (%)	GRASA (%)	TEXTURA (N)
2.3 %	21 %	0.25

4.5 EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL

La evaluación de aceptabilidad se realizó de acuerdo a la metodología especificada en el apartado 3.6 y la muestra sometida al análisis fue el punto óptimo del proceso (punto óptimo de grasa). Los resultados obtenidos para los *chips* de mango procesados a 13 kPa y 115 °C se presentan en la Figura 17.

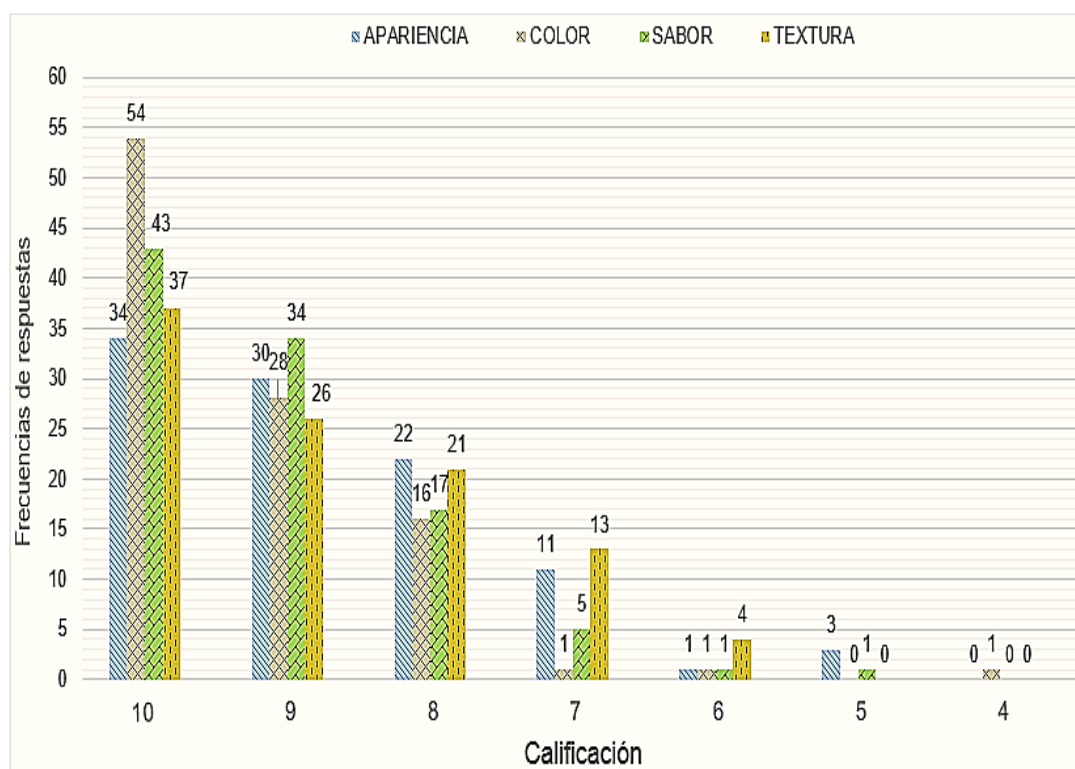


Figura 17. Calificación para los diferentes atributos en los *chips* de mango.

Para los *chips* de mango procesados a 115°C y 13 kPa en cuanto a la apariencia el 63 % de los encuestados otorgaron calificaciones de 9 y 10, y el 37 % calificaciones de 7, 6 y 5. Para el color el 82 % de los encuestados indicaron calificaciones de 9 y 10, y el 19 % calificaciones de 7, 6 y 4. Para el

sabor. El 77 % de los participantes dieron calificaciones de 9 y 10. y el 23 % valoraciones de 8, 7, 6 y 5. En cuanto a la textura el 63 % de los colaboradores proporcionaron valores de 9 y 10, y el 37 % otorgaron 8, 7 y 6. Cabe recalcar que solo a un encuestado le disgustó el color de los chips de mango; y no existieron calificaciones de 0, 1, 2, y 3 para ninguno de los atributos a calificar.

En la Figura 18 se indica el promedio de los atributos de evaluación sensorial. y para la apariencia se obtuvo una calificación de 8.8, para el color 9.3, el sabor 9.1, y la dureza 8.8.

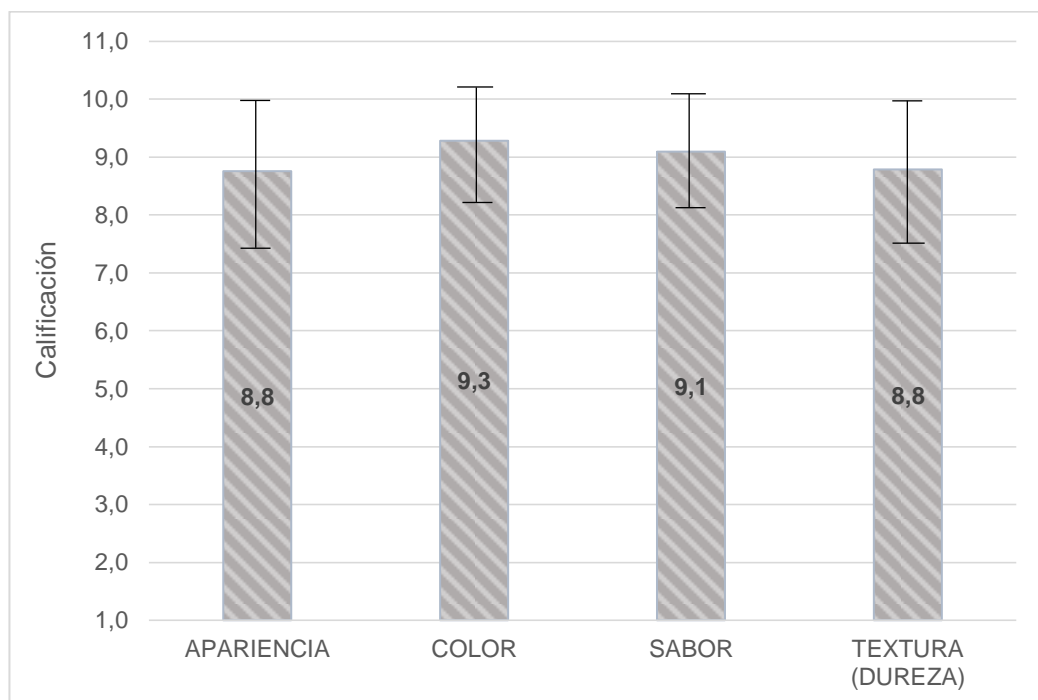


Figura 18. Promedio de atributos de evaluación sensorial

En la Figura 19 se indica las calificaciones de aceptabilidad global en los chips de mango a 115 °C y 13 kPa. Para estos chips el 44 % de los

encuestados otorgaron calificación de 9, el 33 % de los participantes dieron calificación de 10, y el 23 % de los encuestados indicaron valores de 8 y 7. Lo que significa que para el 95 % de los encuestados el producto es aceptable. Ningún participante indico que le disgustaba el producto debido a que no existen calificaciones de 0, 1, 2, 3 o 4.

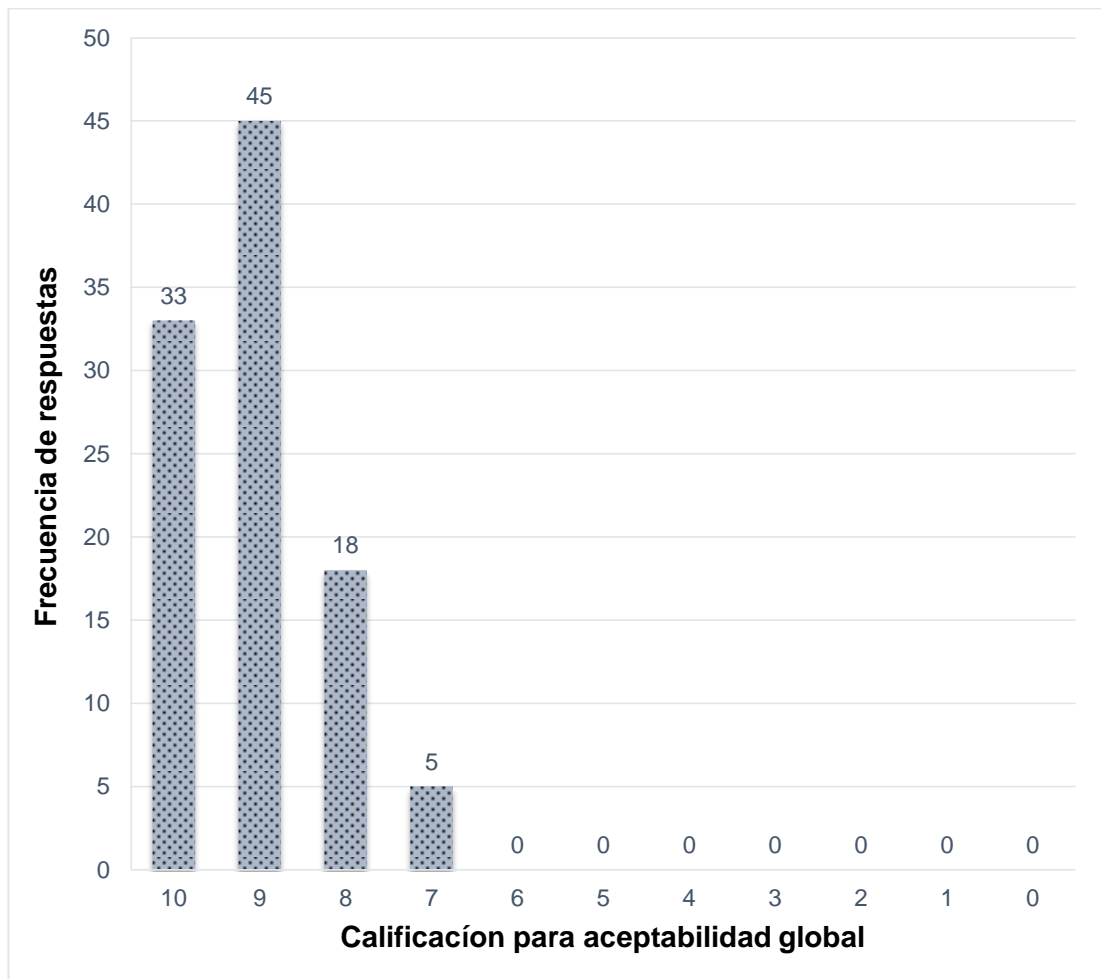


Figura 19. Calificación para la aceptabilidad global de *chip* de mango.

En la Figura 20 se indica las calificaciones de los encuestados por segmentos de edad. las personas entre 17 y 19 años. representaron el 40 %

de los encuestados, el 32 % represento a las personas entre 20 y 22, el 23 % a las personas entre 23 y 25, y el 5 % a las personas entre 26 y 27 años.

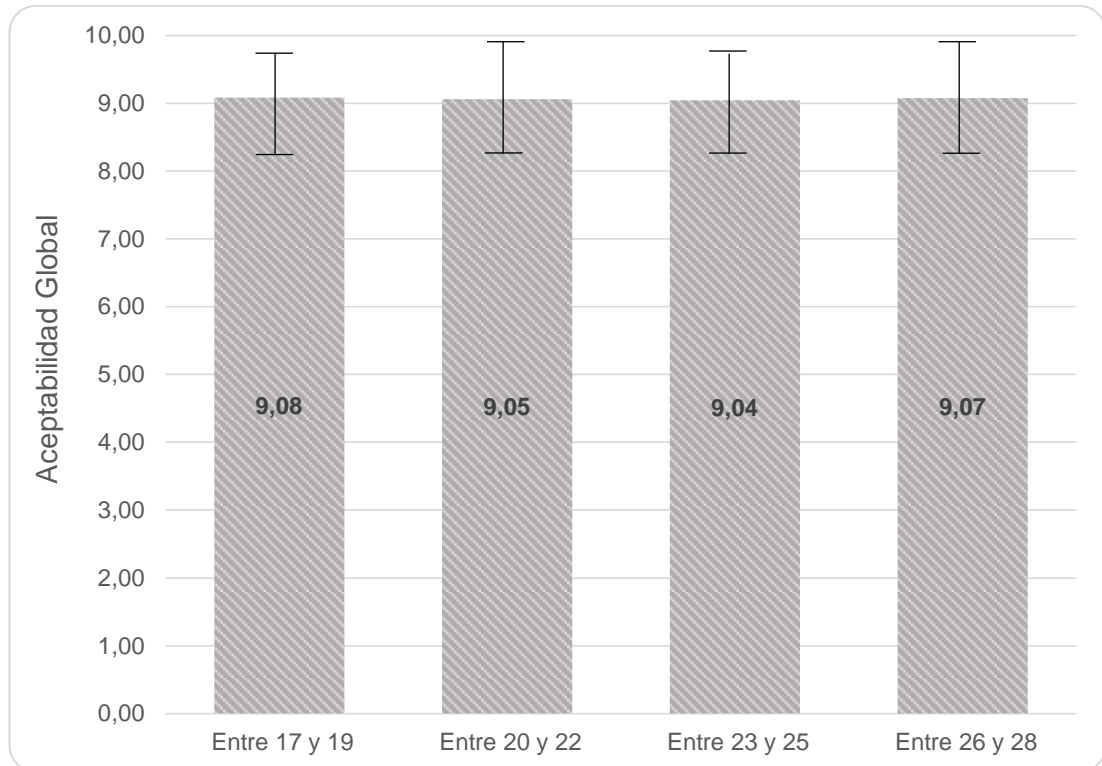


Figura 20. Calificación por edad para la aceptabilidad global de *chip* de mango

Los consumidores presentaron ciertos comentarios y sugerencias. la mayor parte dirigidos hacia la textura del *chip*, 11 personas mencionaron que el producto debería ser más crujiente, 1 persona comentó que vendría mejor añadirle sal al producto, 1 personas mencionan que el producto podría ser menos dulce y 3 personas dijeron que se podría mejorar la apariencia y el color del chip.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La caracterización del mango y los parámetros de peso 552 g, longitud 13 cm, diámetro 9 cm, pH 4 y acidez titulable 0.25 son coherentes con los datos reportados por la bibliografía consultada.
- La fritura al vacío se aplicó a las rodajas de mango con los parámetros establecidos y se obtuvo los *chips* de mango basado en las normas de calidad establecidas.
- El contenido de humedad mayor para los chips de mango fue del 3% con una temperatura de fritura de 100 °C con una presión absoluta de 13.91 kPa, mientras que el menor contenido de humedad es de 1.67% obtenido a 115 °C y con una presión absoluta de 2.26 kPa; indicando así, que cuando se eleva la temperatura y la presión de vacío el contenido de humedad disminuye.
- El contenido de grasa en los *chips* de mango aumenta si se eleva la temperatura de fritura, mientras que si la presión absoluta de vacío se es mayor, la grasa disminuye. Siendo la presión el parámetro más influyente en el contenido de grasa. Si se compara el contenido de grasa a una presión de 4.26 kPa y a una presión de 13.91 kPa con una temperatura de 110 °C, el porcentaje de grasa disminuye de 30 % a 21 % respectivamente.

- La textura del alimento es influenciada por la presión absoluta de vacío, y no por la temperatura de fritura. Cuando es menor la presión de vacío aumenta la fuerza de ruptura por lo tanto existe menor crocancia, y por lo contrario cuando es mayor la presión de vacío, la fuerza de ruptura es menor y aumenta la crocancia.
- Los *chips* de mango presentan valores similares a los chips (de otros alimentos), ya existentes en el mercado, porque no se evidencio influencias significativas en los valores de fuerza de ruptura.
- El análisis sensorial determinó que el 95 % de los encuestados otorgaron calificaciones entre 8 y 10.
- El rendimiento del proceso fue bajo, debido a que la pulpa de mango, representaba un valor por debajo del 70 % del total de la fruta, la misma que al someterla a la fritura, mostro un rendimiento del 20% en el producto final. El rendimiento total indica un valor 12 %.

5.2 RECOMENDACIONES

- Elaborar estudios para la vida útil de los aperitivos de mango.
- Evaluar los contenidos de antioxidantes y carotenoides, debido a que estos son responsables de algunas características físicas y químicas del producto.
- Aplicar deshidratación osmótica a las rodajas de mango, para próximos proyectos de investigación.
- Realizar estudios de factibilidad para la elaboración y comercialización de *chips* de mango fritos al vacío.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Ammawath, W., Che Man, Y. B., Yusof, S., & Rahman, R. A. (2001). Effects of variety and stage of fruit ripeness on the physicochemical and sensory characteristics of deep-fat-fried banana chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(12), 1166-1171. doi: 10.1002/jsfa.922
- Apinya, E., Tipvanna, N., & Ray, J. W. (2006). *Comparing sensory methods for the optimisation of mango gel snacks*. Khon Kaen University, India.
- Basuny, A. M. M., Arafat, S. M., & Ahmed, A. A. A. (2012). Vacuum frying: an alternative to obtain high quality potato chips and fried oil. [Article]. *Banat's Journal of Biotechnology*, 3(5), 22-30.
- Bravo, J., Sanjuán, N., Clemente, G., & Mulet, A. (2011). Pressure Effect on Deep Fat Frying of Apple Chips. *Drying Technology*, 29(4), 472-477. doi: 10.1080/07373937.2011.560801
- Carrera, A., Mark, D., & Gil, R. (2008). Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado Monagas. *Agronomía Tropical*, 58, 27-30.
- Ciro, H. J., Vahos, D. L., & Márquez, C. J. (2005). Estudio experimental de la fuerza de fractura en frutas tropicales: el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* sendt). *Dyna*, 72(146), 55-64.
- CODEX. (2005). Norma del codex para el mango *CODEX STAN 184*.
- Chon, J., Lam, M., Ruiz, F., & Vélez, L. (2012). *PLAN DE NEGOCIO Alimentos Aysana S.A.* Maestria, Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Da Silva, P. F., & Moreira, R. G. (2008). Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *LWT - Food Science and Technology*, 41(10), 1758-1767. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.016>
- Desamparados, M., & Bello, A. (2012). *Aplicación de nuevas tecnologías para el diseño y desarrollo de productos de dorada (sparus aurata) procedente de acuicultura*. Universidad Politecnica de Valencia.
- Diamante, Presswood, Savage, & Vanhanen. (2011). Vacuum fried gold kiwifruit: Effects of frying process and pretreatment on the physico-

- chemical and nutritional qualities. *International Food Research Journal*.
- Diamante, Savage, & Vanhanen. (2012). Optimisation of vacuum frying of gold kiwifruit slices: application of response surface methodology. [Article]. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(3), 518-524. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02872.x
- Diamante, Savage, Vanhanen, & Ihns. (2012). Effects of maltodextrin level, frying temperature and time on the moisture, oil and beta-carotene contents of vacuum-fried apricot slices. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(2), 325-331. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02842.x
- Dueik, V., & Bouchon, P. (2011a). Development of Healthy Low-Fat Snacks: Understanding the Mechanisms of Quality Changes During Atmospheric and Vacuum Frying. *Food Reviews International*, 27(4), 408-432. doi: 10.1080/87559129.2011.563638
- Dueik, V., & Bouchon, P. (2011b). Vacuum Frying as a Route to Produce Novel Snacks with Desired Quality Attributes According to New Health Trends. *Journal of Food Science*, 76(2), E188-E195. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01976.x
- Dueik, V., Robert, P., & Bouchon, P. (2010). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*, 119(3), 1143-1149. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.027>
- Fan, L.-p., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2005). Vacuum frying of carrot chips. *Drying Technology*, 23(3), 645-656.
- FAO. (2012). AGRONoticias América Latina y el Caribe. *El universo*.
- FAO. (2013). snacks foods.
- Fundación Mango, E. (2009a). Plantas y exportaciones. <http://www.mangoecuador.org/>
- Fundación Mango, E. (2009b). Variedades Mango Ecuatoriano, from <http://www.mangoecuador.org/variedades-mango.php>
- Fundación Mango, E. (2013). Exportaciones de mango en el ecuador.

- Garayo, J., & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55(2), 181-191. doi: 10.1016/s0260-8774(02)00062-6
- Gomez, S. (2013). Efecto de las condiciones de fritura a vacío en el procesado de chips de kiwi (*Actidinia chinensis*).
- INEC. (2014). *Produccion y ventas mango fresco*. QUITO: INEC Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-de-estadisticas-agropecuarias-3/>.
- INEN-380. (1985). *Conservas Vegetales. Determinación de sólidos Solubles. Método Refractométrico*. . Quito, Ecuador: INEN.
- INEN-381. (1985). *Conservas vegetales. Determinación de acidez titulable. Método potenciométrico de referencia*. Ecuador.
- INEN. (1980a). Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa * 4 523.
- INEN. (1980b). Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento * 4 518.
- INEN. (1985). Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrógeno (pH) * 4 389.
- INEN. (2010). Bocaditos de productos vegetales. Requisitos 2561.
- Kochhar, P., & Gertz, C. (2004). New theoretical and practical aspects of the frying process. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(11), 722-727. doi: 10.1002/ejlt.200400996
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., & Marinos-Kouris, D. (2001). Colour changes during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 48(3), 219-225. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00161-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00161-8)
- Lastriyanto, A., Soeparman, S., Soenoko, R., & Sumardi, H. (2013). Analysis Frying Constant of Pineapples Vacuum Frying. *World Applied Sciences Journal*, 23(11).
- Liu-ping, F., Min, Z., Gong-nian, X., Jin-cai, S., & Qian, T. (2005a). The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. [Article]. *International Journal of Food Science & Technology*, 40(9), 911-919. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.00985.x

- Liu-ping, F., Min, Z., Gong-nian, X., Jin-cai, S., & Qian, T. (2005b). The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Lucas, J., Dumar, V., Vasco, J., & Cuellar, L. (2011). Evaluación de los parámetros de calidad durante la fritura de rebanadas de papa criolla.
- Mallikarjunan, P., Ngadi, M. O., & Chinnan, M. S. (2009). *Breaded Fried Foods*: Taylor & Francis.
- Mariscal, M., & Bouchon, P. (2008). Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chemistry*, 107(4), 1561-1569. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.031>
- Mellado-Vázquez, A., Salazar-García, S., Treviño-de la Fuente, C. A., González-Durán, I. J. L., & López-Jiménez, A. (2012). Composición y remoción nutrimental de frutos de mango 'Haden' y 'Tommy Atkins' bajo producción forzada. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3, 925-941.
- Montero, J. M., Porras, J. G., & Murillo, R. E. (2002). *Guía Técnica del Mango*. Costa Rica.
- Moya, F. I., & Angulo, Y. B. (2001). *Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones*: Springer.
- Moyano, P. C., & Pedreschi, F. (2006). Kinetics of oil uptake during frying of potato slices:: Effect of pre-treatments. *LWT - Food Science and Technology*, 39(3), 285-291. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2005.01.010>
- Nuñez, Y., & Moreira, R. G. (2009). Effect of Osmotic Dehydration and Vacuum-Frying Parameters to Produce High-Quality Mango Chips. *Journal of Food Science*, 74(7), E355-E362.
- Oquendo, J. D. (2007). *Optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo del mango (Mangifera indica L.)*. Universidad politécnica de valencia, valencia, Valencia.

- Otrosky, R. (2004). Alimentos Funcionales y su Valor Nutracéutico. <http://www.region.com.ar/productos/semanario/archivo/684/alimentos684.htm>
- PROEcuador. (2013). *BOLETIN DE MERCADOS INTERNACIONALES*. Retrieved from http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.proecuador.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2Fdownloads%2F2013%2F01%2FPROEC_AM_2012_DIC-ENE.pdf&ei=adXfUsbBDbbKsQSSnYAO&usq=AFQjCNF2G3cRfo07-SfwUgegPq0L_XMFzQ&bvm=bv.59568121,d.eW0.
- Saguy, I. S., & Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 143-152. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00243-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00243-1)
- Sahin, S. (2000). Effects of frying parameters on the colour development of fried potatoes. *European food research and technology = Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung. A*, 211(3), 165-168.
- Salamanca, G., Longas, F. F., Lozano, J. G., Diaz, C., & Salazar, B. (2007). Avances en la caracterización, conservación y procesamiento del mango (*Mangifera indica* L.) en Colombia. *Tumbaga*, 57-64.
- Serrano, V. (2013). *Obtención de productos tipo aperitivo (snack) de mashua (*tropaeolum tuberosum*) mediante la aplicación de fritura al vacío.*, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Retrieved from http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/17150/1/55303_1.pdf
- Shyu, S.-L., & Hwang, L. S. (2001). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Research International*, 34(2), 133-142.

- Shyu, S., Hau, L., & Hwang, L. (2005). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried carrot chip. *J. Sci Food Agric* 85, 1903-1908.
- Shyu, S. L., & Hwang, L. S. (2001). Effect of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 34(2/3), 133-142.
- Stier, R. F. (2004). Frying as a science – An introduction. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(11), 715-721. doi: 10.1002/ejlt.200401065
- Talcott, S., & Talcott, S. (2009). Propiedades Fitoquímicas del Mango que Contribuyen a Beneficios en la Salud. Reporte Final de la Investigación para el Consejo Nacional del Mango.
- Tarmizi, A. H. A., & Niranjana, K. (2010). The Possibility of Lowering Oil Content of Potato Chips by Combining Atmospheric Frying with Postfrying Vacuum Application. *Journal of Food Science*, 75(9), E572-E579. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01819.x
- Tharanathan, R. N., Yashoda, H. M., & Prabha, T. N. (2007). Mango (*Mangifera indica* L.), “The King of Fruits”—An Overview. *Food Reviews International*, 95-123.
- Therdthai, N., Wuttijumnong, P., Jangchud, A., & Kusucharid, C. (2007). Optimization of vacuum frying condition for shallot. *Katsetsart Journal (Natural Science)*, 41, 338-342.
- Tinoco, M. R., Perez, A., Salgado, M., Reynes, M., & Vaillant, F. (2008). Effect of vacuum frying on main physicochemical and nutritional quality parameters of pineapple chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(6), 945-953.
- Troncoso, E., Pedreschi, F., & Zuniga, R. N. (2009). Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. *Lebenson Wiss Technol*, 42(1), 9-9. doi: 10.1016/j.lwt.2008.05.013
- Ureña, P., D'Arrigo, M., & Girón, M. (1999). *Evaluación Sensorial de los Alimentos* (Vol. 1). Lima, Perú.

- Valenzuela, R., & Ronco, A. M. (2007). Acrilamida en los alimentos. *Revista chilena de nutrición*, 34(1), 8-16.
- Valls, J. S., Prieto, E. B., & de Castro Martín, J. J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*: Universitat de Barcelona.
- Villamizar, & Giraldo. (2010). Obtención y caracterización de un pasabocas a partir de una pasta a base de mango mediante fritura por inmersión. *TUMBAGA*, 150.
- Villamizar, Quiceno, M., & Giraldo, A. (2011). Comparación de la fritura al vacío y atmosférica en la obtención de pasabocas de mango (manguifera indica l.). *Temas Agrarios*, 16, 64-74.
- Villamizar, Quiceno, M., & Giraldo, A. (2012). Efecto del proceso de fritura al vacío sobre la calidad de un pasabocas de mango (manguifera indica l.). *Laboratorio de Diseño de Nuevos Productos*, 40-51.
- Villamizar, R., & Giraldo, G. A. (2010). Obtención y caracterización de un pasabocas a partir de una pasta a base de mango mediante fritura por inmersión. *TUMBAGA*, 1-N°5, 149-164.
- Vitrac, O., Trystram, G., & Raoult-Wack, A.-L. (2000). Deep-fat frying of food: heat and mass transfer, transformations and reactions inside the frying material. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(8-9), 529-538. doi: 10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<529::aid-ejlt529>3.0.co;2-f
- Yamsaengsung, R., Ariyapuchai, T., & Prasertsit, K. (2011). Effects of vacuum frying on structural changes of bananas. *Journal of Food Engineering*, 106(4), 298-305.
- Zamorano, M., Guzmán, E., & Ibáñez, J. (2010). ESTUDIO DEL CONSUMO Y APORTE NUTRICIONAL DE BOCADILLOS EN ESCOLARES DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE CHILE. *Revista chilena de nutrición*, 37, 439-445.

ANEXOS

ANEXO 1
CARACTERIZACIÓN DEL MANGO EN ESTADO FRESCO

PESO	DÍAMETRO Y LONGITUD
	
DETERMINACIÓN DE pH y ACIDEZ TITULABLE	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES
	

ANEXO 2

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DE *CHIPS* DE MANGO

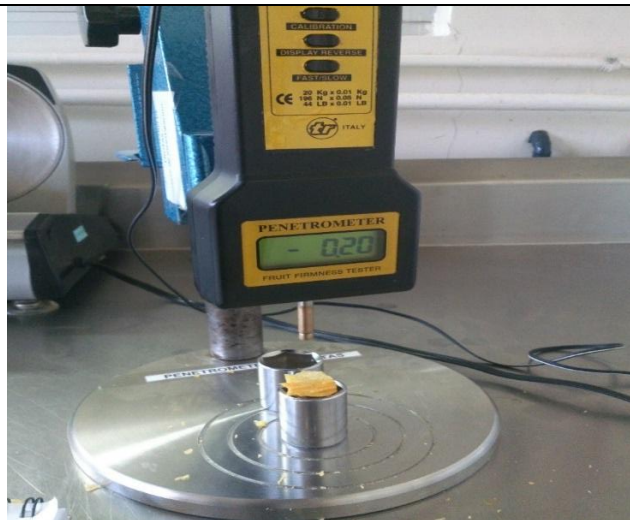
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD



DETERMINACIÓN DE GRASA







DETERMINACIÓN DE TEXTURA



ANEXO 3

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CHIPS DE MANGO

SELECCIÓN	PELADO
	
REBANADO	
	

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CHIPS DE MANGO

EQUIPO DE FRITURA AL VACÍO



FRITURA AL VACÍO



PESADO Y EMPACADO



ANEXO 4

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD PARA CHIPS DE MANGO

Producto:

Fecha:

Nombre:

Edad:

Usted está recibiendo una muestra de *chip* frito de mango. por favor deguste e indique su grado de aceptación para cada uno de los atributos y de forma global en una escala de 10 puntos. Considere que el numero 1 significa “me disgusta muchísimo” y el número 10 “me gusta muchísimo”.

Atributos	Calificación del 1 al 10
Apariencia	<input type="checkbox"/>
Color	<input type="checkbox"/>
Sabor	<input type="checkbox"/>
Textura (Dureza)	<input type="checkbox"/>
ACEPTABILIDAD GLOBAL	<input type="checkbox"/>

Comentarios:

.....
.....

AGRADECEMOS SU PARTICIPACIÓN

