

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



INFLUENCIA DEL SECADO PREVIO Y DEL TIEMPO DE FRITURA EN LAS CARÁCTERISTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ACEPTABILIDAD GENERAL DE REBANADAS DE PAPA (*Solanum tuberosum*) FRITA VARIEDAD HUEVO DE INDIO

TESIS para optar el título de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EMILY TAYLOR AVALOS ZAVALA

TRUJILLO, PERU

2014

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado

.....
Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón
PRESIDENTE

.....
Dr. Freddy Romel Pérez Azahuanche
SECRETARIO

.....
Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta
VOCAL

.....
Ms. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre María Isabel

Por haberme apoyado en todo momento, porque haz dedicado cada segundo de tu vida a luchar para sacarnos a delante. Por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por tu amor.

¡Gracias por darme la vida y por creer en mí!

A mis padres

Porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo llegar hasta el final.

A mi hermano Brando

Porque siempre puedo contar contigo, como hermana mayor espero ser un ejemplo para ti en todo momento.

A mis abuelos Marcela y Maco

Por su apoyo incondicional espero que se sientan orgullosos de mí, así como yo lo estoy de ustedes. Los quiero mucho.

A mis tíos Delia, Marlon y Magaly

Mis palabras no bastarían para agradecerles por su apoyo, a todos espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

A mis amigos

Desde un comienzo de nuestra carrera profesional nos venimos apoyando mutuamente y espero que siga siendo así a: Paola, Verónica, Miriella, Cynthia y Sylvana.

A mi asesora

Por su apoyo en la culminación de mis estudios y en la elaboración de esta tesis.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar te agradezco a ti Dios, por ayudarme a terminar mi tesis, gracias por darme la fuerza y la voluntad durante este tiempo en la universidad, porque sin ti no hubiera podido salir adelante en los momentos difíciles y de prueba, no tengo palabras para agradecer lo mucho que me has dado, lo único que puedo decir es que te necesitaré en cada proyecto que emprenda en mi vida, por lo que nunca me apartaré de ti.

A mi papa Marlon Julio, gracias por todo el apoyo que me has dado desde la infancia, siempre supiste a tu manera que decirme, porque también fui testigo de tu preocupación por darme una educación y te lo agradezco. Te amo papa.

A mi madre María Isabel, eres la mejor mama del mundo gracias por todo, porque lo que yo escriba no va a ser suficiente para decirte lo mucho que dios ha bendecido mi vida al darme una madre como tú.

A toda mi familia y hermano gracias de todo corazón por todo.

INDICE

Pág.

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	3
2.1. La papa.....	3
2.1.1 Definición.....	3
2.1.2. Valor nutricional.....	4
2.2. Proceso de fritura.....	5
2.2.1 El aceite de fritura.....	6
2.2.2 Proceso de fritura por inmersión.....	9
2.2.3. Cambios físicos y químicos durante a fritura.....	10
2.2.4. Medidas de control durante el proceso de fritura.....	11
2.3. Características generales de las papas fritas.....	11
2.3.1. Absorción de aceite.....	12
2.3.2. Contenido de humedad.....	13
2.3.3. Color.....	13
2.3.4. Firmeza.....	14
2.4. Evaluación sensorial.....	15
2.4.1. Prueba de aceptabilidad general.....	15

III. MATERIALES Y METODOS.....	16
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.2. Materiales.....	16
3.2.1. Materia prima.....	16
3.2.2. Insumos.....	16
3.2.3. Materiales diversos.....	16
3.2.4. Equipos.....	17
3.3. Metodología experimental.....	18
3.3.1. Esquema experimental para la obtención de rebanadas fritas de rebanadas fritas de papa.....	18
3.3.2. Procedimiento para la elaboración de rebanadas de papa frita...	19
3.4. Métodos de análisis.....	22
3.4.1 Medición del contenido de humedad.....	22
3.4.2 Características fisicoquímicas del producto final.....	22
3.4.3 Método para la medición instrumental de la firmeza en rebanadas de papa frita.....	22
3.4.4 Análisis de aceptabilidad general.....	23
3.5 Métodos estadísticos.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
4.1. Contenido de humedad.....	25
4.2. Absorción de aceite.....	29
4.3. Firmeza.....	33
4.4 Aceptabilidad general.....	36
V. CONCLUSIONES.....	38

VI.RECOMENDACIONES.....	39
VII.BIBLIOGRAFIA.....	40
VIII.ANEXOS.....	44

INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Composición nutricional de la Papa.....	5
Cuadro 2. Distribución de los ácidos grasos saturados e insaturados en diferentes aceites comestibles.....	8
Cuadro 3. Resultados del contenido de humedad.....	25
Cuadro 4. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de contenido de humedad.....	27
Cuadro 5. Análisis de varianzas para los valores de contenido de humedad en rebanadas de papa frita.....	27
Cuadro 6. Prueba de Duncan para los valores de contenido de humedad en rebanadas de papa frita.....	28
Cuadro 7. Prueba de homogeneidad de varianzas par los valores de absorción de aceite en rebanadas de papa frita.....	30
Cuadro 8. Análisis de varianzas para los valores de absorción de aceite en rebanadas de papa frita.....	31
Cuadro 9. Prueba de Duncan para los valores de absorción de aceite en rebanadas de papa frita.....	32
Cuadro 10. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de firmeza en rebanadas de papa frita.....	34
Cuadro 11. Análisis de varianzas para los valores de firmeza en rebanadas de papa frita.....	34
Cuadro 12. Prueba de Duncan para los valores de firmeza en rebanadas de papa frita.....	35
Cuadro 13. Prueba de Friedman para la evaluación de la aceptabilidad general en rebanadas de papa frita.....	36
Cuadro 14. Prueba de Wilcoxon para la evaluación de la aceptabilidad general en rebanadas de papa frita.....	37

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Esquema experimental para la investigación sobre rebanadas de papa frita.....	18
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de rebanadas de papa frita.....	19
Figura 3. Ficha de Escala Hedónica para aceptabilidad general de rebanadas de papa frita.....	23
Figura 4. Valores del contenido de humedad en rebanadas de papa frita sin secado y con secado.....	26
Figura 5. Valores de absorción de aceite en rebanadas de papa frita sin secado y con secado.....	29
Figura 6. Valores de firmeza en rebanadas de papa frita sin secado y con secado.....	33

INDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Datos del análisis fisicoquímico.....44

Anexo 2. Datos de la prueba de aceptabilidad general.....45

RESUMEN

Se estudió el efecto del secado previo y del tiempo de fritura en características fisicoquímicas y aceptabilidad general en rebanadas de papa (*Solanum tuberosum*) frita variedad Huevo de indio. Muestras de papa procedentes de la localidad de Huamachuco fueron seleccionadas, clasificadas, lavadas, peladas, rebanadas, secadas previamente y sometidas a tres tiempos de fritura (190 °C, 2 min; 190 °C, 2.15 min y 190 °C, 2.30 min). Previo al proceso de fritura, las muestras se dividieron en dos lotes, solo uno de ellos fue secado a 60 °C durante 45 minutos alcanzando una humedad de 67% (base húmeda).

Se determinó que el secado previo y el tratamiento térmico de fritura afectaron significativamente el contenido de humedad, absorción de aceite, firmeza y aceptabilidad general de las rebanadas de papa frita.

Las rebanadas de papa sometidas a secado previo proporcionaron rebanadas de papa frita con menor contenido de humedad mayor firmeza y aceptabilidad general de rebanadas de papa frita variedad Huevo de indio.

Se determinó en las muestras con y sin secado previo que a mayor tiempo de fritura, menor contenido de humedad, mayor absorción de aceite y mayor firmeza final en las rebanadas de papa.

Se determinó que el tratamiento S₂t₃ fue el que presentó menor contenido de humedad, mayor firmeza, mayor aceptabilidad general y absorción de aceite de 4.38 %.

ABSTRACT

The effect of previous drying and frying times on the physicochemical properties and general acceptability of potato slices (*Solanum tuberosum*) Huevo de indio variety was studied. Potato samples from Huamachuco town were selected, sorted, washed, peeled, sliced, and fried (190 °C, 2 min; 190 °C, 2.15 min and 190 °C, 2.30 min). Prior to frying, parts of the samples were subjected to a drying process at 60 °C for 45 min reaching 67% moisture (wet basis). Prior drying before and frying significantly affected oil absorption, moisture content, texture and overall acceptability of potato (*Solanum tuberosum*) Huevo de indio variety fried slices. In addition, potato slices subjected to drying before of 190 °C and 2.30 min frying provided potato slices with lower oil absorption, moisture content and texture and overall acceptability of potato slices.

It was determined that the pre-drying and heat treatment of frying significantly affected by moisture content, oil absorption, strength and overall acceptability of the fried potato slices.

The potato slices subjected to preliminary drying slices potato chip provided with lower moisture content greater firmness and overall acceptability of potato slices fried variedad Huevo de Indio.

It was determined in samples with and without drying the longer frying, lower moisture content, higher oil adsorption and higher final firmness in potato slices.

It was determined that S₂t₃ treatment was presented lower moisture content, firmer, more general acceptability and adsorption of oil 4.38%.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en los países en vías de desarrollo como el Perú, existe una gran competencia de los productos alimenticios importados, tanto frescos como procesados, teniendo como consecuencia el pago de millones de dólares por tales importaciones, es por ello que nuestro país se ve en la necesidad de aumentar la producción de sus recursos alimenticios. Es decir, promover el desarrollo de la industria alimentaria mediante la utilización de la materia prima vegetal, generando desarrollo de la cadena agroalimentaria nacional (Islas y otros, 2008).

Un análisis global de tendencias en el consumo de papa permite indicar que existen importantes cambios en los hábitos de consumo. Los cuales obedecen a dos principios fundamentales. Por un lado, se sabe que, a medida que aumenta el ingreso de las personas disminuye el consumo de alimentos farináceos y aumenta el ingreso económico por productos ricos en proteínas tales como las carnes, leches, frutas y hortalizas. Si bien esta regla tiene algunas excepciones, el patrón de conducta ha sido muy consistente. El otro principio básico es que las poblaciones tienden a diversificar sus hábitos de consumo incorporando nuevos alimentos en su dieta tradicional. En muchos países en desarrollo la papa no es utilizada como alimento básico sino más bien como una hortaliza de alto valor que es incorporado a la dieta a medida que aumentan los ingresos (Islas y otros, 2008).

En adición, la proporción de la producción de la papa dedicada a la agroindustria en el Perú no supera el 3% del total, la cual está destinada especialmente al rubro de hojuelas y tiras congeladas prefritas (Jave, 2008).

Frente a esta preocupación, surge como una alternativa revalorar los cultivos andinos, brindándoles mayor atención tanto a su cultivo, consumo e industrialización. En ese sentido, la papa (*Solanum tuberosum*), variedad Huevo de indio, se presenta como una alternativa para su

industrialización en forma de rebanadas fritas, ya que posee buenas cualidades nutritivas y agronómicas (Ministerio de Agricultura 2007).

La elaboración de papas fritas presenta un diagrama de flujo y parámetros de temperatura y tiempo de fritura que afectan la calidad del producto final. Efectos importantes en la calidad son la aceptabilidad general, la absorción de aceite, el contenido de humedad y la firmeza de las rebanadas fritas finales.

La calidad de las papas fritas puede mejorarse si se cambian favorablemente algunas etapas del proceso, por ejemplo, incluyendo un secado previo.

Por lo anteriormente expuesto se plantearon los siguientes objetivos:

Evaluar el efecto del secado previo y tres tiempos (190 °C, 2 min; 190 °C, 2.15 min y 190 °C, 2.30 min) de fritura sobre la absorción de aceite, contenido de humedad, firmeza y aceptabilidad general de rebanadas de papa (*Solanum tuberosum*) frita variedad Huevo de indio.

Determinar si el secado previo es necesario y el tiempo de fritura que proporcione menor absorción de aceite, contenido de humedad, mayor firmeza y aceptabilidad general de rebanadas de papa (*Solanum tuberosum*) frita variedad Huevo de indio.

II. REVISION DE BIBLIOGRAFÍA

2.1 La papa

2.1.1 Definición

Es una planta herbácea, sus tallos son de 80 a 90 cm, sus hojas divididas en segmentos desiguales, sus flores son de hojas divididas en segmentos desiguales, sus flores son de diversos colores: blancas, moradas y amarillas. El fruto es una baya redonda de color verde amarillento y de tamaño de una cereza con cáliz agrandado. Los tallos se ramifican en la base y forman los conocidos tubérculos que pueden ser: ovoides, redondeados o alargados y aplanados (Christiansen, 1989).

Existen más de 4000 variedades de papa, lo que muestra la gran diversidad genética que presenta ese cultivo. Esta riqueza en diversidad ha sido preservada, en gran medida, gracias a las prácticas tradicionales de los agricultores en los pequeños productores ubicados en la región andina respecto al cuidado de las semillas son los que han permitido el mantenimiento de la gran cantidad de variedades de este cultivo, adaptadas a distintas altitudes, temperaturas y suelos (Christiansen, 1989) .

Las variaciones son en tamaño, color, forma o firmeza. De estas características depende el destino y el tipo de consumo que penetra el alimento. Se cocina de diversas formas, de acuerdo a los costumbres de cada región. Puede comerse al horno, hervida, frita o deshidratada (Borba, 2008).

Se trata de una planta de clima templado-frío, siendo las temperaturas más favorables para su cultivo las que están en torno a 13 y 18 °C. Al efectuar la plantación la temperatura del suelo debe ser superior a los 7 °C, con unas temperaturas relativamente frescas (Sánchez, 2003).

Según (Sánchez, 2003) la papa se basa en caracteres florales, lo que ha permitido clasificarla de la siguiente manera:

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Nombre común: Papa

Una de las variedades más importantes es la amarilla, que es arenosa. Esta variedad tiene a su vez sub-clasificaciones como la Tumbay, Limeña y Huagalina. En la sierra no es común esta papa, siendo la costa la zona donde hay una mayor producción. Es muy cotizada por su sabor y su firmeza y constituye una variedad típica en el Perú (Sánchez 2003).

Para Moreno (2001) hay que distinguir la calidad interna y externa en la papa por el tipo de variedad y por las influencias del ambiente. Principalmente, las características influidas por las condiciones ambientales son: verdeamiento del tubérculo (color verde de la piel), tubérculos deformados, deterioro, agujeros y corazón hueco de los tubérculos, pudriciones y rajaduras por sequía. Las características influidas por la variedad entre otras son: profundidad de los ojos, color de la piel y carne, forma y tamaño del tubérculo y producción. Otro factor importante en la calidad externa es la clasificación de tubérculos en función del producto que se vaya a elaborar con la papa. Así para hojuelas (chips) se exige una forma redonda con un tamaño de tubérculo entre 40 y 50 mm de diámetro, para papas a la francesa (palitos o bastones) formas oblongas alargadas mayores de 55 mm de largo y para papas en conserva, por debajo de 35 mm.

2.1.2 Valor nutricional

En el Cuadro 1 se presenta la composición nutricional por 100 g de porción comestibles de papa amarilla.

Cuadro 1. Composición nutricional de la papa amarilla (por 100 g de porción comestible)

Componente	Cantidad
Energía (cal)	103
Agua (g)	73.2
Proteína (g)	2.0
Grasa (g)	0.4
Carbohidratos (g)	23.3
Fibra (g)	0.7
Ceniza (g)	1.1
Calcio (mg)	6
Fosforo (mg)	52
Hierro (mg)	0.4
Retinol (mcg)	0
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	1.85
Ácido ascórbico reducido en (mg)	9.0

Fuente: Collazos y otros (2005)

2.2 Proceso de fritura

La fritura es un proceso físico-químico en el cual el producto a freír (papas, plátanos, etc.) se somete a una temperatura alta con el propósito de modificar la superficie del producto, impermeabilizándolo de alguna manera, para controlar la pérdida de agua desde su interior. De esta forma, es posible conservar muchas de las características propias del

alimento. Mejorando en la mayoría de los casos, su sabor, firmeza, aspecto y color.

Numerosas variables conducen el avance del proceso y llevan a la optimización de las condiciones de fritura para cada tipo de producto (Moncada, 2007). Las principales variables a considerar son:

- Dependientes del proceso
 - Temperatura / Tiempo
 - Método de fritura:
 - Olla
 - Freidora: continua o discontinua
- Dependientes del tipo de aceite
 - Composición del aceite
 - Aditivos
- Dependientes del alimento a freír
 - Relación superficie / volumen
 - Humedad
 - Composición de su fracción lipídica.

Así es posible obtener un producto más apetecible, lo cual sin lugar a dudas contribuye al éxito de consumo de los productos fritos.

La fritura requiere un tiempo pequeño de preparación y confiere al alimento un aroma y firmeza más sabrosos favoreciendo la digestión de ciertos nutrientes. Como proceso térmico, destruye bacterias, toxinas y ciertas enzimas, además de disminuir la humedad del alimento. Para lograr un proceso de fritura adecuado es necesario sumergir el alimento en un medio líquido que pueda mantener una temperatura constante y alta sin que se pierdan las características nutricionales del mismo, por efecto del calentamiento (Moncada, 2007).

Cuando un alimento se sumerge en aceite caliente su temperatura aumenta rápidamente y el agua que contiene se elimina en forma de vapor, por lo que su superficie empieza a deshidratarse. Se forma una

corteza y el frente de evaporación va trasladándose hacia el interior del producto. La temperatura en la superficie del alimento alcanza la del aceite caliente y la interna aumenta lentamente hasta alcanzar los 100 °C. Las velocidades de transferencia de calor al alimento dependen de la diferencia de temperaturas entre este y el aceite y del coeficiente de conductividad térmica superficial (Moncada, 2007).

Las altas temperaturas empleadas (125-175 °C) sellan la superficie del producto evitando, en cierta manera, que se desprenda el vapor rápidamente, facilitando así la cocción del interior del producto y permitiendo que quede más jugoso. Al mismo tiempo, esta superficie sufre procesos de tostado, caramelización o pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard) apareciendo colores entre dorados y pardos que dan un aspecto agradable al producto. Estas mismas reacciones desarrollan sabores deseados en los productos fritos (Coello, 2007).

El uso de grasas de origen animal o de aceites vegetales hidrogenados está fuera de toda recomendación nutricional, debido al riesgo potencial para la salud que significa el consumo de ácidos grasos saturados y con isomería trans (Moncada, 2007).

Además, por esas mismas razones, muchos países recomiendan evitar o restringir su uso en procesos de fritura. Los aceites, en los que predominan los ácidos grasos insaturados, son mucho más adecuados desde el punto de vista nutricional, pero presentan desventajas desde el punto de vista de su estabilidad, ya que a mayor grado de insaturación el aceite va a ser menos estable al efecto de la temperatura (Moncada, 2007).

2.2.1 El aceite de fritura

El aceite es un agente o medio de fritura en la elaboración de hojuelas fritas, cuyo rol que desempeña en el proceso es doble: actúa como medio de transmisión de calor y como ingrediente del producto frito al ser absorbido por el mismo. Esta última función tiene un especial interés ya

que la estabilidad del aceite y su grado de alteración influirán directamente en la duración y calidad del producto (Coello, 2007).

La importancia del aceite utilizado en la fritura es determinante tanto desde el punto de vista de la calidad degustativa y de calidad nutricional de la fritura resultante, como desde el punto de vista del rendimiento y del costo. Estos aspectos están ligados fundamentalmente a la composición de los ácidos grasos de los aceites utilizados. Idealmente, el mejor aceite para fritura debería ser un producto que no sea deteriorable por el calor aplicado en forma continua o intermitente, que no imparta mal su sabor u olor al producto que se fríe, que no tenga los efectos negativos desde el punto de vista nutricional atribuidos a los ácidos grasos saturados e hidrogenados y, muy importante, que su costo sea razonable (Valenzuela y otros, 2003).

En el Cuadro 2 se presenta la distribución de los ácidos saturados e insaturados en diferentes aceites comestibles.

Cuadro 2. Distribución de los ácidos grasos saturados en insaturados en diferentes aceites comestibles

	% del total	
	Insaturados	saturados
Soya	84.6	15.4
Coco	8.9	91.1
Maíz	86.4	13.6
Algodón	74.5	25.5
Palma	49.7	50.1
Sorgo	83.0	17.0
Oliva	87.9	12.1

Fuente: Moncada (2007)

El aceite de girasol

En los últimos años, el principal alcance en el campo de los aceites ha sido la gran expansión de la producción de aceites de palma, girasol y soya. Por otra parte, la producción de aceite de girasol se ha incrementado sobre todo debido al aumento de la superficie dedicada al cultivo en EE.UU. Argentina y Brasil. Este aumento en la producción de aceites vegetales ha sido oportuno al coincidir con un incremento de la demanda mundial causado por la mejora de las condiciones de vida y el aumento de las expectativas en los países del tercer mundo (Moncada, 2007)

Este tipo de aceite (girasol) impregna menor grasa al alimento y en consecuencia el alimento frito absorbe menos grasa y por lo tanto será menos calórico. El aceite de girasol es ligero en gusto y aspecto, provee más vitamina E que cualquier otro aceite vegetal, es una combinación de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (Moncada, 2007).

La Food and Drug Administration (FDA), organismo que con gran rigidez marca pautas para una mayor alimentación de los ciudadanos estadounidenses, hace años que admitió la entrada de aceite de girasol que se conoce como “alto oleico”. Su cualidad es que es un aceite de girasol con características más parecidas al aceite de oliva. Al tener un contenido en ácido oleico más importante es más resistente a la temperatura, por lo que es más adecuado que el aceite de girasol estándar o refinado (Moncada 2007).

2.2.2 Proceso de fritura por inmersión

En la fritura por inmersión la transmisión de calor se produce por una combinación de transmisión por convección (en la masa del aceite) y por conducción (en el interior del alimento). En este tipo de fritura, el alimento recibe en toda su superficie el mismo tratamiento térmico, lo cual le confiere un color y aspecto uniformes. Este tipo de fritura puede aplicarse a alimentos

con cualquier forma, pero los de formas irregulares tienden a retener más aceite (Chomba, 2012).

Aunque la fritura por contacto es un método rápido, el calentamiento del alimento es irregular, y debe dársele la vuelta de cuando en cuando. La fritura por inmersión es un método rápido, y el alimento se fríe uniformemente por todos los lados (Chomba, 2012).

2.2.3 Cambios físicos y químicos durante la fritura

No todos los cambios que tienen lugar en el aceite y en el alimento durante la fritura son perjudiciales. De hecho, algunos de estos cambios son precisos para que el producto frito adquiera sus propiedades sensoriales típicas. Por otro lado, una descomposición muy acusada, debido a un control inadecuado de la operación de fritura, puede perjudicar no solo la calidad sensorial del alimento, del alimento, sino también su valor nutritivo. (Fennema, 2000).

Los cambios físicos y químicos que sufre la grasa de fritura se ven influidas por numerosos parámetros del proceso. Los compuestos formados dependen, obviamente, de la composición del aceite y de la del alimento a freír. Las elevadas temperaturas y largos periodos de fritura y los contaminantes metálicos promueven la descomposición del aceite. También es importante el diseño y el tipo de freidora (discontinua o continua). La oxidación del aceite es más elevada sea el cociente superficie-volumen. Factores igualmente importantes son el ritmo de recambio del aceite, la secuencia del calentamiento (continuo o intermitente) y la presencia o no del antioxidante (Fennema, 2000)

La velocidad de oscurecimiento o cualquier otro cambio en las características del aceite de fritura dependen de manera considerable de la velocidad de renovación del aceite en el recipiente. Cuando un alimento se fríe por inmersión, parte del aceite o grasa es absorbido por el alimento. Este aceite absorbido debe ser reemplazado por aceite nuevo.

A mayor velocidad de renovación, menor nivel de oscurecimiento (Castro, 2007).

Un compuesto especialmente problemático que se puede formar en la fritura es la acrilamida. La formación de acrilamida se produce durante el proceso de oscurecimiento por la reacción de Maillard debido a la interacción de los azúcares reductores con la asparagina a temperaturas por encima de 120 °C. Es necesario controlar su formación porque se la considera una sustancia carcinogénica (Castro, 2007).

2.2.4 Medidas de control durante el proceso de fritura

Para mantener el nivel de oxidación al mínimo en el aceite de fritura es importante usar una grasa de buena calidad, mantener la temperatura de la grasa tan baja como sea posible, seguir las normas de fritura que permiten la máxima velocidad de renovación de la grasa y evitar la contaminación con cobre. También es importante la eliminación regular de las partículas de alimento que se encuentra en el aceite de fritura.

Una cantidad excesiva de humedad en la superficie del alimento producirá un burbujeo violento y el desarrollo más rápido de ácidos grasos libres; por lo tanto, el exceso de humedad debería eliminarse antes de sumergir el alimento en la grasa (Coello, 2007).

2.3 Características generales de las papas fritas

Sobre la calidad de la papa y en particular, sobre su aptitud para la fritura influyen múltiples factores que van desde la aptitud propia de la variedad pasando por los factores medioambientales y técnicos durante el cultivo, la manipulación y transporte. Y finalmente en las condiciones de almacenamiento. La industria demanda papas sanas, de forma redondeada, con calibres medianos (entre 40 y 80 mm) y un bajo nivel de defectos (Castro, 2007).

En la calidad del producto final, es decir, de la papa frita, se han de tener en cuenta diferentes parámetros como la forma, el color, la firmeza, el

sabor, el contenido de sólidos, el contenido graso, etc. se han realizado diversos estudios que ponen de manifiesto la gran importancia de algunos de estos parámetros. La principal característica de la papa frita es su firmeza crujiente, siendo uno de los indicadores de calidad más importante en el producto final. Otro parámetro destacable de calidad de la papa frita, que está estrictamente relacionado con la percepción de los consumidores, es el color (Castro, 2007).

Un aspecto de gran interés en la calidad de la papa frita, que es necesario controlar, es el contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa), ya que su elevada presencia provoca la aparición de colores oscuros en la fritura dando lugar además a un sabor amargo debido a la formación de compuestos cetónicos y al aldehídicos generados en la reacción de Maillard (Castro, 2007)

2.3.1 Absorción de aceite

Moyano y Pedreschi (2005) investigaron que las papas fritas contienen una cantidad significativa de aceite que oscila entre 35-45 % que le da al producto una firmeza y sabor que los hacen únicos.

En los últimos años, la preferencia de los consumidores aumentado por los productos con poca grasa o sin grasa; esto ha servido de estímulo para que la industria de alimentos como las papas fritas, puedan producir papas fritas con un contenido de aceite inferior y sigan manteniendo una firmeza y sabor deseable.

Moyano y Pedreschi (2005) también mencionan que hay tres fracciones de aceites diferentes en las capas externas de rebanadas de papa durante la fritura y que pueden ser identificados como consecuencia de diferentes mecanismos de absorción como son: aceites estructurales; que es el aceite que se absorbe durante la fritura, el aceite que penetra por succión en la papa frita durante el enfriamiento después de salir de la freidora, el aceite de superficie; que es el aceite que queda en la superficie.

Pedreschi y Moyano (2005) investigaron el efecto de tratamiento previo de secado sobre la firmeza y la absorción de aceite, determinando que el contenido de aceite de las papas fritas tiende a permanecer constante y que el tratamiento de secado disminuye drásticamente la absorción de aceite después de la fritura a 120 y 180 °C.

2.3.2 Contenido de humedad

Para Moyano y Pedreschi (2008) durante la fritura hay una transferencia simultánea de calor y masa, de tal manera de ocurren cambios en las características físicas, químicas y sensoriales; estos cambios están relacionados con la temperatura del aceite, el tiempo de fritura, la pérdida de agua, absorción de aceite y el color que se desarrolla en las papas fritas.

El contenido de humedad es una propiedad importante en la calidad de los alimentos fritos. El contenido de humedad de los alimentos fritos denota la cantidad de agua por unidad de masa húmeda o producto seco y generalmente se expresa con un porcentaje; freír en grasa que también se puede definir como un proceso de secado. La pérdida de humedad durante la fritura generalmente disminuye exponencialmente con el tiempo de fritura, cuando la temperatura de aceite de fritura es entre 160 y 180 °C, se caracteriza con un alta tasa de secado en donde el contenido de humedad de las papas fritas disminuye en un 80 %, el mecanismo de la pérdida de agua durante la fritura es compleja (Pedreschi y Zúñiga, 2008).

2.3.3 Color

Entre las diferentes propiedades físicas entre los alimentos y productos alimenticios, el color se considera un atributo visual más importante en la percepción de la calidad del producto. El aspecto y el color de la superficie en los alimentos son los primeros parámetros evaluados por los consumidores y es fundamental en la aceptación del producto incluso antes que entre en la boca (Pedreschi y Zúñiga, 2008).

Para Moyano y Pedreschi (2005) el color de las papas fritas es el resultado de la reacción de Maillard que depende del contenido de azúcares reductores en la superficie, la temperatura y tiempo de fritura. A temperaturas altas algunos pigmentos dan un color marrón según el tiempo.

El desarrollo del color de las papas fritas comienza solo si hay una velocidad suficiente de secado, esto depende de la velocidad de secado y una eficiente transferencia de calor durante el proceso de fritura, también de los procesos variables como el tiempo y los pretratamientos de las materias primas, que se espera afecten al color en los productos fritos (Pedreschi y Zúñiga, 2008).

2.3.4 Firmeza

La firmeza es una percepción sensorial lo que significa que solo los humanos pueden percibir, describir y cuantificar, en general se describe como un atributo de múltiples parámetros. La firmeza es definida por las propiedades estructurales de los alimentos, los cambios texturales durante la fritura son el resultado de muchos cambios físicos y químicos estructurales producidos en los tejidos crudos, que también incluyen la transferencia de calor. En los productos con un contenido de almidón relativamente alto como las papas, hay una influencia importante en la firmeza que podría ser debida a la gelatinización del almidón durante la cocción (Pedreschi y Zúñiga, 2008).

Moyano y Pedreschi (2005) investigaron que la firmeza de las papas fritas podría ser descrita en términos de nitidez. Existen curvas características de fuerza-distancia en diferentes momentos de fritura de papas en donde se muestra una fase inicial en la que todo el tejido ablandado en el núcleo comienza a formarse la corteza y finalmente el endurecimiento progresivo. Las altas temperaturas de fritura aseguran el endurecimiento de la corteza lo que resulta papas fritas con más costra.

2.4 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial utiliza uno o más de los cinco sentidos para evaluar a los alimentos. Los paneles de degustación, formados por un grupo de personas, prueban muestras específicas de alimentos bajo condiciones controladas y las evalúan de diferentes maneras, dependiendo de la prueba sensorial concreta que se realice. Este es el único tipo que pueden medir la preferencia y aceptabilidad de los consumidores (Coello, 2007).

Los especialistas en pruebas sensoriales y los científicos de alimentos clasifican las pruebas en afectivas (orientadas al consumidor) y analistas (orientadas al producto), en base al objetivo de la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos alimentarios se conocen como “pruebas orientadas al consumidor”. Las pruebas empleadas para determinar las diferencias entre productos o para medir

Características sensoriales se conocen como “pruebas orientadas al producto” (Coello, 2007).

2.4.1 Prueba de aceptabilidad general

Esta prueba es utilizada para evaluar más de dos muestras a la vez, o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto. Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas.

La escala hedónica verbales, son las que presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra (Castro, 2008).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar de ejecución

El desarrollo del proyecto se realizó en el Laboratorio de Ciencia de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.

3.2 Materiales

3.2.1 Materia prima

Papa (*Solanum tuberosum*), variedad Huevo de indio, familia procedente del distrito de Huamachuco, Departamento de La Libertad.

3.2.2 Insumos

- Aceite de girasol marca Premiun
- Sal yodada de cocina marca Chef sal
- Agua blanda
- Papel de aluminio
- Metabisulfito de sodio

3.2.3 Materiales diversos

- Cuchillos
- Rebanadora
- Tablas de picar
- Molde de acero inoxidable
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Baldes de plástico
- Papel absorbente

- ollas de acero inoxidable

3.2.4 Equipos

- Olla freidora automática marca Imaco IDF15, capacidad de 1.5 Lt de aceite, tazón de aluminio, selector de temperatura.
- Balanza analítica marca Toledo (capacidad de 10 – 210g.; sensibilidad 0.1 mg)
- Estufa Mermert (rango 30 – 280 °C)
- Equipo Soxhlet. Marca PYREX
- Texturometro marca Instron, modelo 3342
- Refrigeradora. Marca Bosh. Rango -24°C – 8 °C
- Termómetro marca Boeco (rango de -10 °C – 210 °C)
- Selladora de bolsas

3.3 Metodología experimental

3.3.1 Esquema experimental para la obtención de rebanadas de papa frita.

En la Figura 1 se muestra el esquema experimental para la investigación sobre rebanadas de papa frita

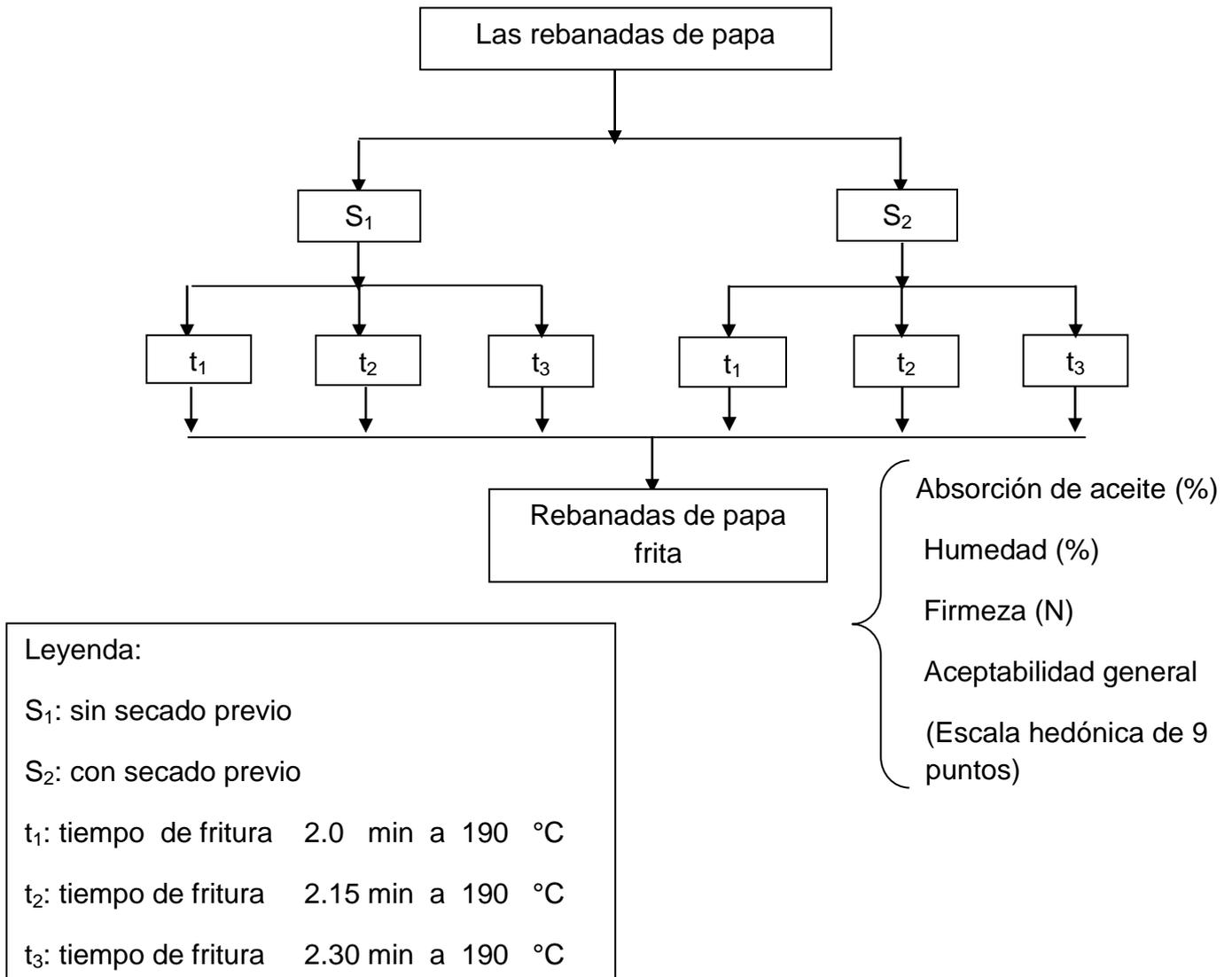


Figura 1. Esquema experimental para la investigación de rebanadas de papa frita.

3.3.2 Procedimiento para la elaboración de rebanadas de papa frita

El proceso para la obtención de rebanas de papa frita se muestra en la Figura 2.

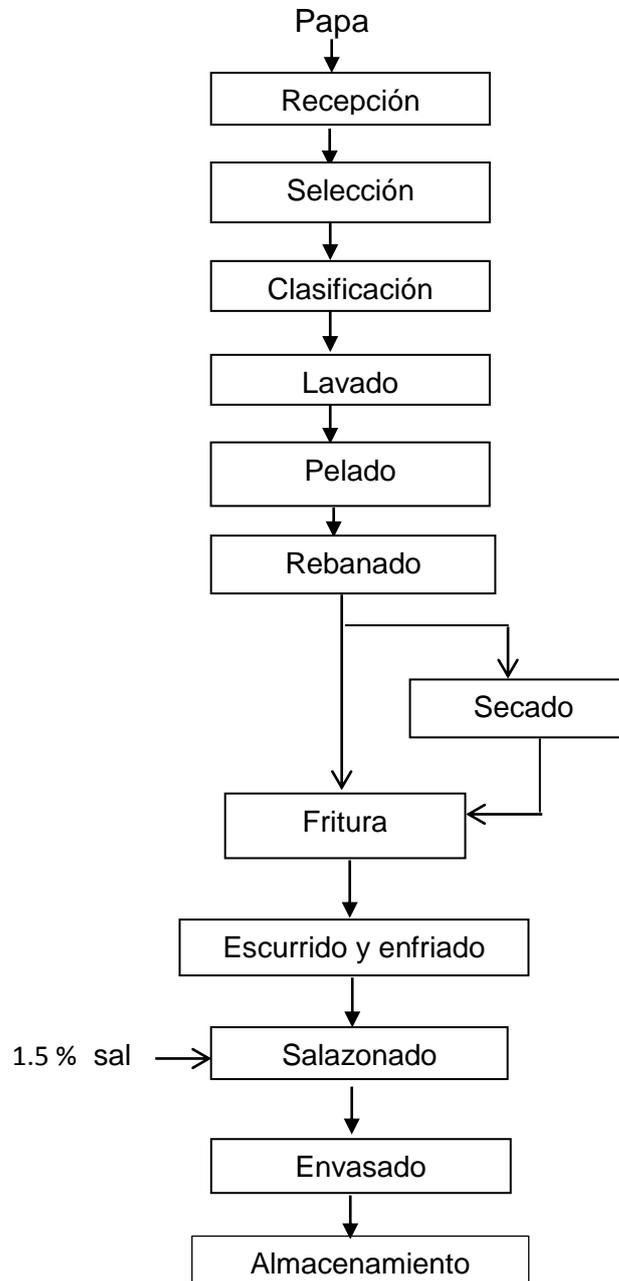


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de rebanadas de papa frita.

Recepción

Es la operación de acopio donde se recibe la materia prima. La recepción se realizó previa evaluación de sus atributos de calidad y de importancia para el posterior procesamiento.

Selección

Se separó los tubérculos sanos de los defectuosos, eliminando aquellos que puedan estar contaminados o con deterioro físico, con la finalidad de que puedan entrar en proceso cumpliendo con los estándares de calidad.

Clasificación

Se agrupó a la materia prima de acuerdo al tamaño cilíndrico alargado con un rango entre 8-12 cm, diámetro: 4-5 cm, y peso: 250-300 g lo cual permitió obtener una muestra experimental de calidad uniforme.

Lavado

Se realizó manualmente con agua potable con el fin de eliminar todo tipo de material extraño o contaminante adherido a la superficie, para eliminar la suciedad y tierra.

Pelado

Se eliminó la cáscara manualmente con cuchillo de acero inoxidable, procurando no cortar excesivamente la parte comestible.

Rebanado

Las papas peladas se inspeccionaron visualmente para eliminar las unidades defectuosas o dañadas y se cortaron utilizando una rebanadora manual de papas de diámetro fijo, con cuchilla graduable, en rodajas de 3 mm de espesor. Después del rebanar la papa se puso en inmersión con agua y metabisulfito de sodio.

Secado

Un lote de las rebanadas fue en una estufa a 60 °C durante 45 min hasta 67% de humedad.

Fritura

Esta operación se llevó a cabo mediante un sistema de batch de 100 g cada uno, donde las rebanadas de papa secadas o no, fueron sumergidas en 1500 mL de aceite de girasol contenido en una olla freidora automática, teniendo como principal objetivo obtener un producto con un tratamiento térmico parejo confiriéndole al producto un color y aspecto uniforme. Esta operación se realizó a una sola temperatura y tres tiempos dados en el diseño experimental.

Escurreo y enfriado

El exceso de aceite se eliminó mediante el escurrido del mismo a través de la canastilla metálica de la freidora. Esto se realizó con el fin de eliminar el exceso de grasa y mejorar así su presentación.

El enfriado se realizó colocando las rebanadas recién fritas y escurridas sobre el papel toalla en mesas completamente limpias a temperatura ambiente por espacio de 20 min, tiempo el cual se garantiza que las rebanadas fritas estén completamente frías.

Salazonado

Es la operación en el cual se le adicionó sal en una proporción de 1.5 % respecto al peso del producto final con la finalidad de impartir un mejor sabor al producto terminado.

Envasado

Las rebanadas ya fritas y frías fueron envasadas cada 100 g en bolsas de polietileno de 80 um de espesor. Una vez colocado el producto en la bolsa, se procedió a cerrar la bolsa tratando de dejar menor cantidad de oxígeno (aire) dentro de ella, para evitar la oxidación de la grasa.

Almacenado

Las rebanadas fritas de papa envasadas en bolsas de polietileno fueron almacenadas en congelación a una temperatura de -24°C por 3 días, luego se procedió a realizar la descongelación utilizando un horno microondas por 30 s, y finalmente se realizó la determinación de % de absorción de aceite, humedad, firmeza y aceptabilidad general.

3.4 Métodos de análisis

3.4.1 Medición del contenido de humedad

Humedad según el método de la AOAC (método 925.09), por secado a estufa a 105°C durante 5 h.

3.4.2 Caracterización fisicoquímica del producto final

Se determinó la caracterización fisicoquímica de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AOAC (1995), comprendiendo los siguientes análisis:

Humedad (método 925.09), por secado en estufa a 105°C durante 5 h.

Grasa cruda (método 920.39), lípidos libres extraídos con éter de petróleo en un sistema Soxhlet.

3.4.3 Método para la medición instrumental de la firmeza de rebanadas de Papa frita.

Se determinó la firmeza de las rebanadas fritas de papa mediante el uso del Texturómetro marca Instron Modelo 3342, utilizando el método indicado por Jackson y otros (1996). Este análisis se realizó 3 veces para cada tratamiento. La rebanada frita de papa fue apoyada sobre una base esférica sólida de aluminio con un diámetro de 4 cm y con una perforación central que permita el libre paso del pistón al atravesar la rebanada. La fuerza máxima de calibración de la célula del equipo fue de 50 N, el diámetro del pistón de 3mm y la velocidad de desplazamiento fue de 0.05

mm/min. La fuerza máxima de ruptura (carga máxima) en N fue la variable dependiente considerada en este método para la medición de la firmeza.

3.4.4 Análisis de aceptabilidad general

Se realizó aplicando una escala hedónica estructurada de ocho puntos, desde el extremo inferior. “Malo” 1, hasta el extremo superior. “Excelente”; 8, para evaluar la aceptabilidad de las papas fritas. Se empleó treinta jueces no entrenados. A cada juez se le presentaron 6 muestras, las cuales fueron evaluadas 1 a la vez. Los jueces reportaron en la tarjeta de evaluación el grado de placer producido por cada muestra evaluada. Las muestras están representadas por códigos: 396 (S_{1t_1}), 384 (S_{1t_2}), 374 (S_{1t_3}), 354 (S_{2t_1}), 386 (S_{2t_2}), 337 (S_{2t_3}) En el Figura 3, se presenta la ficha de trabajo de escala hedónica para aceptabilidad general de rebanadas de papa de frita (Baustista 2008).

Nombre: _____	Fecha: _____	Edad: _____				
Producto: Rebanadas de papa frita						
Pruebe las 6 muestras de rebanadas de papas fritas que se le presentan e indique, según la escala su opinión sobre ellas, según su grado o desagrado Marca con una X el reglón que corresponda a la calificación para cada muestra.						
ESCALA	(396)	(384)	(374)	(354)	(386)	(337)
Excelente	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Muy bueno	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Bueno	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Regular	.....	.....	.....	.....	.....	.....
No agrada ni desagrada	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Desagrada ligeramente	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Desagrada moderadamente	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Malo	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Comentarios: _____						

Fuente: Anzaldúa-Morales (2004)

Figura 3. Ficha de Escala Hedónica para Aceptabilidad General de rebanadas de papa frita.

3.5. Métodos estadísticos

El diseño estadístico aplicado en el presente trabajo de investigación corresponde a un arreglo factorial 2×3 con 3 repeticiones. Para evaluar el efecto del secado previo y el tiempo de fritura sobre la absorción de aceite, contenido de humedad, firmeza en rebanadas de papa frita variedad Huevo de indio se utilizó un análisis de varianza, así mismo, se aplicó la Prueba de Levene para evaluar homogeneidad de varianzas, finalmente la Prueba de comparaciones múltiples de Duncan, todas con un nivel de confianza del 95%. Los resultados de aceptabilidad general de las rebanadas fritas de papa fueron evaluados mediante la prueba no paramétrica de Friedman y Wilcoxon, ambas con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 22.0 para el análisis estadístico y el STATISTICA versión 10.0 para los gráficos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Contenido de humedad

En el Cuadro 3 se presenta los resultados de la determinación de la humedad de las rebanadas de papa sin secado y con secado previo.

Cuadro 3. Resultados de la determinación de la humedad de las rebanadas de papa sin y con secado previo.

Muestra	Humedad
Rebanadas de papa sin secado previo.	74%
Rebanadas de papa con secado previo.	67%

El contenido de humedad de las rodajas de papa es similar al reportado por Wills (1998) que fue 72%, aunque este valor puede variar en función a la variedad, época de cosecha etc.

Las rebanadas de papa sometidas al proceso de secado previo presentaron menor contenido de humedad como consecuencia de la exposición al aire caliente (Geankoplis, 1998).

En la Figura 4, se muestran los valores del contenido de humedad en rebanadas de papa frita sin secado y con secado previo.

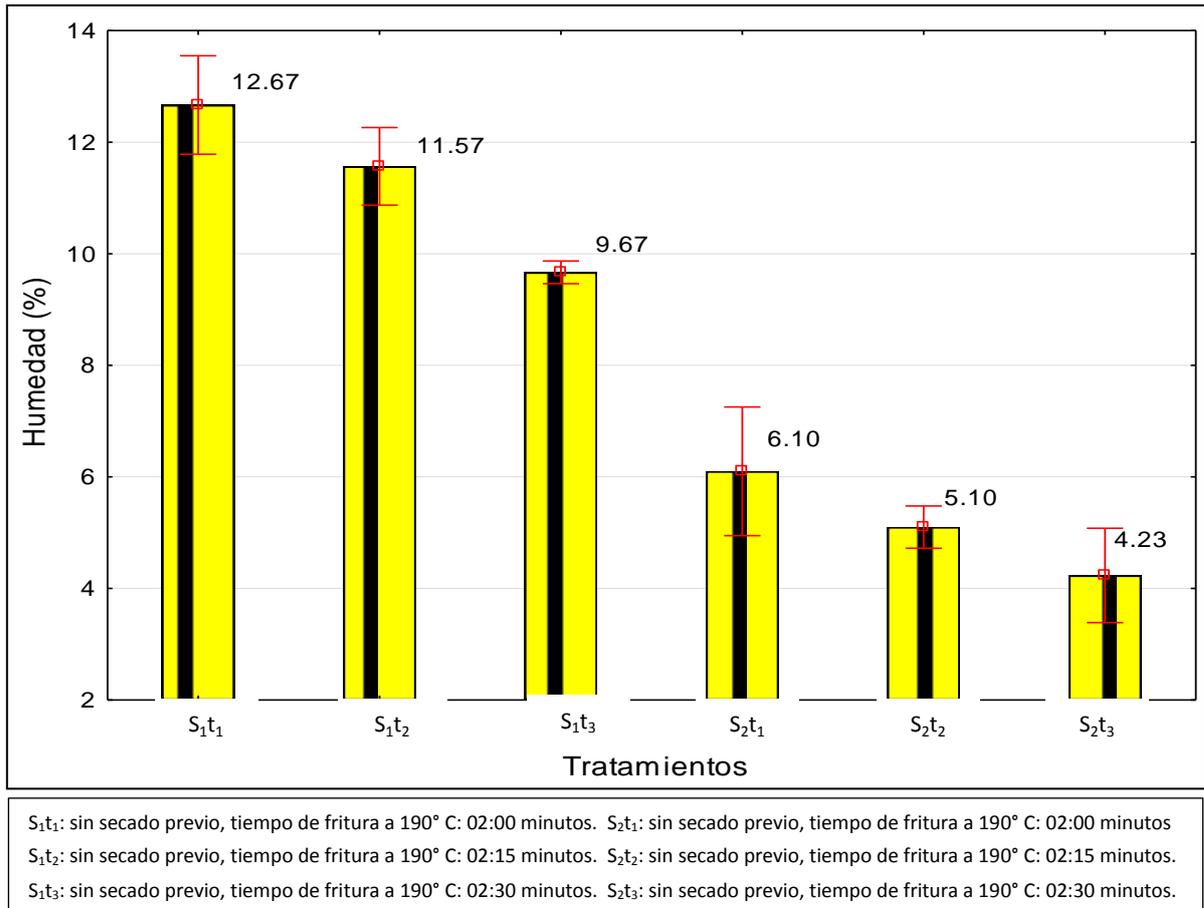


Figura 4. Valores del contenido de humedad en rebanadas de papa frita con y sin secado.

Se observa que ha mayor tiempo de fritura menor contenido de humedad final en las rebanadas de papa. Así mismo, se determinó que el contenido de agua final fue menor en las muestras secadas previamente, por la eliminación parcial del agua durante el secado previo. Resultados similares de papas previamente secadas fueron reportados por Krokida y otros, (2001)

En el Cuadro 4 se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de contenido de humedad y se observa que existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que se valida la aplicación de análisis de varianza.

Cuadro 4. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de contenido de humedad

Estadístico de Levene	Grado de libertad 1	Grado de libertad 2	p
1.686	5	12	0.212

El Cuadro 5 contiene el análisis de varianza para los valores del contenido de humedad en rebanadas de papa frita.

Cuadro 5. Análisis de varianza para los valores de contenido de humedad en rebanadas de papa frita.

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Humedad (%)	Secado: A	196.621	1	196.621	86.498	0.000
	Tiempo de fritura: B	19.982	2	9.991	4.395	0.037
	A*B	0.174	2	0.087	0.038	0.962
	Error	27.277	12	2.273		
	Total	244.055	17			

Demostrándose que el secado y el tiempo de fritura presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de humedad en rebanadas de papa frita.

En el Cuadro 6 se presenta la prueba de Duncan para los valores del contenido de humedad en rebanadas de papa frita.

Cuadro 6. Prueba de Duncan para los valores de contenido de humedad en rebanadas de papa frita.

Tratamientos	Secado previo	Tiempo de fritura a 190 °C (minutos)	Subconjunto	
			1	2
S_{2,t₃}	Con	2.30	4.23	
S_{2,t₂}	Con	2.15	5.10	
S_{2,t₁}	Con	2.00	6.10	
S_{1,t₃}	Sin	2.30		9.67
S_{1,t₂}	Sin	2.15		11.57
S_{1,t₁}	Sin	2.00		12.67

A partir de esta prueba se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos mostrados, denotados por la formación de subconjuntos. Además, se observa que los tratamientos correspondientes a subconjunto 1 las rebanadas de papa fritas sometidas a un secado previo presentaron los menores valores de humedad. Resultados similares fueron reportados por Troncoso y Pedreschi, (2009), quienes determinaron que el secado previo afectó el contenido de humedad final en papas fritas.

4.2 Absorción de aceite

En la Figura 5, se muestran los valores de absorción de aceite en las rebanadas de papa frita sin secado y con secado previo.

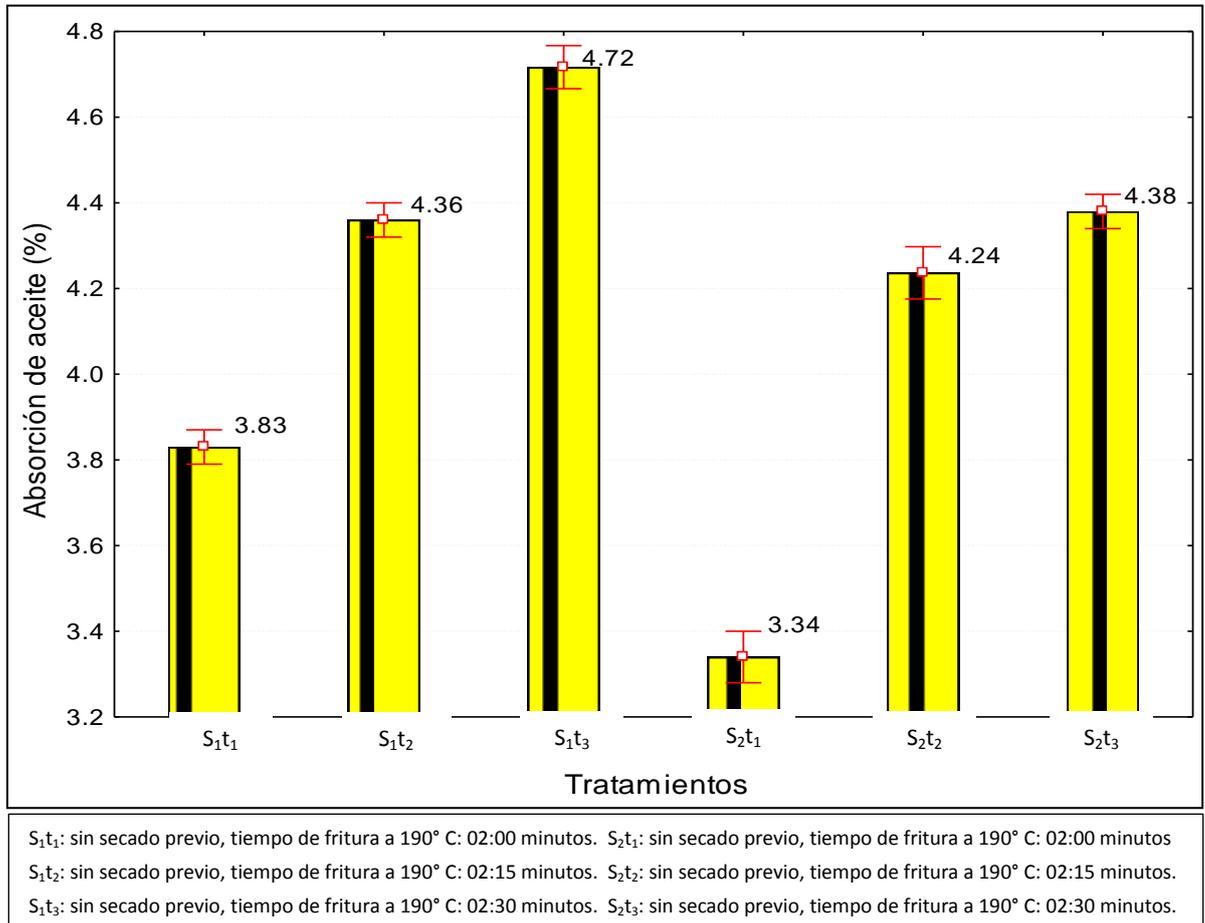


Figura 5. Valores de absorción de aceite en rebanadas de papa frita con y sin secado previo.

Se observa que, a mayor tiempo de fritura mayor absorción de aceite en rebanadas de papa frita con y sin secado previo, tal como lo reporta Garayo y Moreira (2002) quienes indican que la absorción de aceite se incrementa con el tiempo de fritura, si la fritura se realiza presión atmosférica.

Así mismo, se determinó que la absorción de aceite final fue menor en las muestras con secado previo. Moreira y otros (1999) indican que el secado previo de rebanadas de papa reduce la absorción de aceite debido al

encogimiento y la plasticidad que la microestructura del alimento adquiere. Por otro lado, el aire caliente deshidrata el almidón gelatinizado en la superficie del producto, creando una costra externa que actúa como barrera a la penetración del aceite (Aguilera, 1997). Similares resultados fueron reportados por Moyano y Pedreschi (2006), quienes evaluaron el efecto del escaldado y presecado en la cinética de absorción de aceite en rebanadas de papas, encontrando que el presecado de rebanadas de papas escaldadas genera una cubierta externa durante la fritura que incrementa la resistencia a la absorción de aceite, por lo que el tratamiento de pre secado de rebanadas de papas ha sido reportado como un medio práctico para reducir absorción de aceite (Krokida y otros, 2001).

En el Cuadro 7 se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de absorción de aceite y se observa que existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$).

Cuadro 7. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de absorción de aceite.

Estadístico de Levene	Grado de libertad 1	Grado de libertad 2	p
0.311	5	12	0.897

El Cuadro 8 contiene el análisis de varianza para los valores de la absorción de aceite en rebanadas de papa frita.

Cuadro 8. Análisis de varianza para los valores de absorción de aceite en rebanadas de papa frita.

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Absorción de Aceite (%)	Secado: A	0.970	1	0.970	740.755	0.000
	Tiempo de fritura: B	6.416	2	3.208	2449.227	0.000
	A*B	0.254	2	0.127	97.091	0.000
	Error	0.016	12	0.001		
	Total	7.656	17			

El análisis de varianza muestra que el secado y tiempo de fritura presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la absorción de aceite en rebanadas de papa frita.

En el Cuadro 9 se presenta la prueba de Duncan para los valores de absorción de aceite en rebanadas de papa frita.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para los valores de absorción de aceite en rebanadas de papa frita.

Tratamientos	Secado previo	Tiempo de fritura a 190 °C (minutos)	Subconjunto				
			1	2	3	4	5
S_{2,t₁}	Con	2.00	3.34				
S_{1,t₁}	Sin	2.00		3.83			
S_{2,t₂}	Con	2.15			4.24		
S_{1,t₂}	Sin	2.15				4.36	
S_{2,t₃}	Con	2.30				4.38	
S_{1,t₃}	Sin	2.30					4.72

Tal como se observa, menores valores de absorción de aceite se presentaron en las rebanadas de papa frita con tratamiento de presecado para igual tiempo de fritura. De igual modo se indica que el tratamiento del subconjunto 1 S_{2,t₁}, (con secado y 2 minutos de fritura) presentó el menor valor de absorción de aceite, diferenciándose de los demás. Adicionalmente, se reporta mayor absorción de aceite a medida que se incrementó el tiempo de fritura. Resultados similares fueron reportados por Troncoso y Pedreschi, (2009), quienes determinaron que la absorción de aceite en papas fritas, se incrementó con el tiempo de fritura en todas las temperaturas y pre tratamientos evaluados (control, blanqueadas, blanqueadas y secadas) y fue menor en los tratamientos sometidos a proceso de blanqueo y blanqueo y secado, en comparación con el control.

4.3 Firmeza

En la Figura 6, se muestran los valores de firmeza en las rebanadas de papa frita sin secado y con secado.

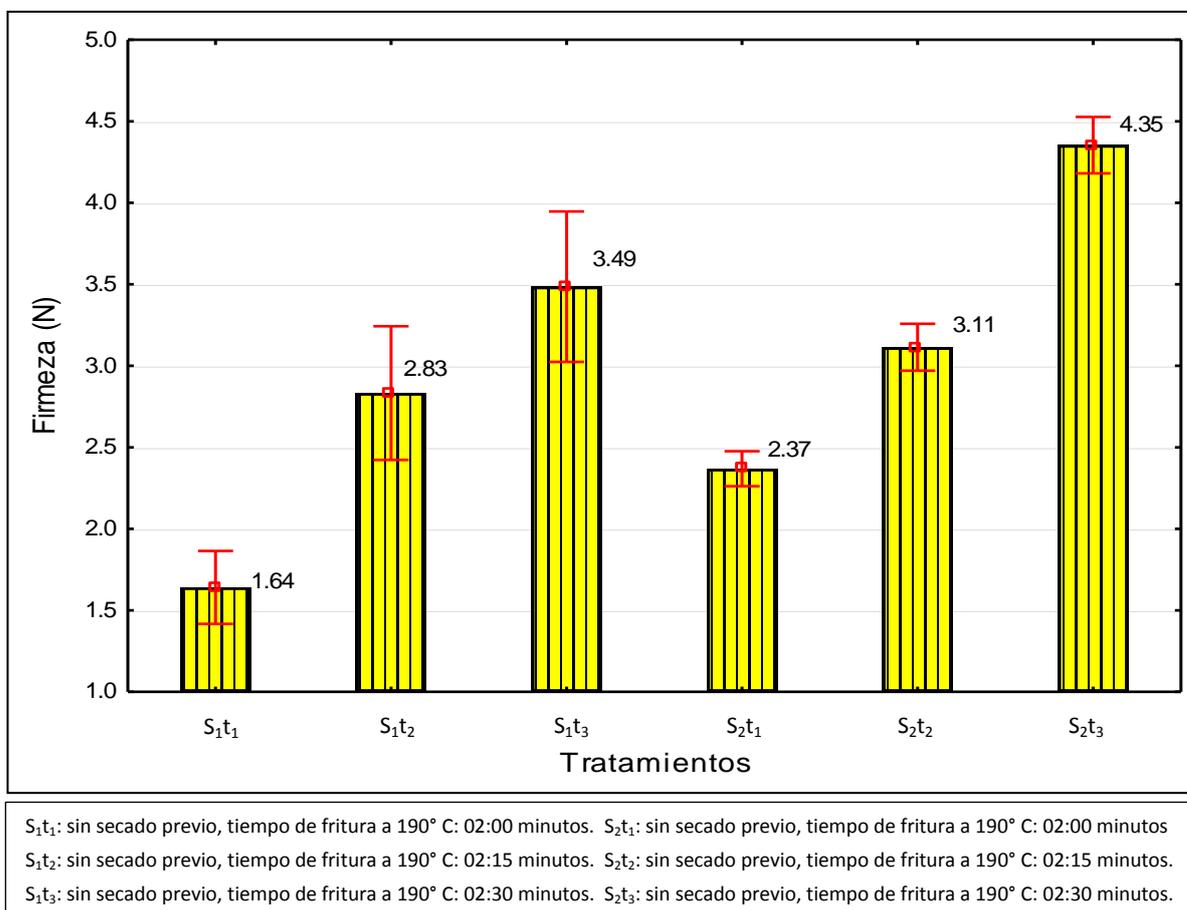


Figura 6. Valores de la firmeza en rebanadas de papa frita sin y con secado.

Tal como se observa, la firmeza de las rebanadas de papa se incrementó con el tiempo de fritura en las muestras sin secado y con secado previo, debido al desarrollo progresivo y endurecimiento de la corteza de la rebanada (Pedreschi y otros, 2001). De igual modo, Pedreschi y Moyano (2005) reportaron una mayor firmeza en rebanadas de papa frita con pre secado.

En el Cuadro 10. Se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de firmeza y se observa que existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$).

Cuadro 10. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de firmeza.

Estadístico de Levene	Grado de libertad 1	Grado de libertad 2	P
2.371	5	12	0.102

El Cuadro 11. Contiene el análisis de varianza para los valores de firmeza en rebanadas de papa frita.

Cuadro 11. Análisis de varianzas para los valores de firmeza en rebanadas de papa frita.

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Firmeza(N)	Secado: A	1.762	1	1.762	7.148	0.020
	Tiempo de fritura:	11.002	2	5.501	22.315	0.000
	A*B	0.282	2	0.141	0.572	0.579
	Error	2.958	12	0.247		
	Total	16.004	17			

El análisis de varianza muestra que el secado y tiempo de fritura presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza en rebanadas de papa frita.

En el cuadro 12 se muestra la prueba de Duncan para los valores de firmeza en rebanadas de papa frita.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para los valores de firmeza en rebanadas de papa frita.

Tratamientos	Secado previo	Tiempo de fritura a 190 °C (minutos)	Subconjuntos			
			1	2	3	4
S_{1,t₁}	Sin	2:00	1.64			
S_{2,t₁}	Con	2:00	2.37	2.37		
S_{1,t₂}	Sin	2:15		2.83	2.83	
S_{2,t₂}	Con	2:15		3.11	3.11	
S_{1,t₃}	Sin	2:30			3.49	3.49
S_{2,t₃}	con	2:30				4.35

Tal como se observa la mayor firmeza, representada por la fuerza necesaria para fracturar la rebanada de papa fue para el subconjunto 3 S_{1,t_3} y subconjunto 4 S_{2,t_3} (sin y con secado previo, 2.30 minutos), incrementándose ésta con el tiempo de fritura, para las rebanadas de papa sin y con secado previo, tal como lo mencionado por rebanada Pedreschi y otros, (2001) quienes indicaron que el incremento del tiempo de fritura origina un desarrollo y endurecimiento progresivo de la corteza de la rebanadas de papa frita.

4.4 Aceptabilidad general

En el Cuadro 13 y 14, se presenta la prueba de Friedman y Wilcoxon, respectivamente, observándose diferencia significativa ($p < 0.05$) en la aceptabilidad general de las rebanadas de papa, determinándose que el tratamiento S_{2t_3} con mayor rango promedio 5.98 fue el de mayor aceptabilidad general.

Cuadro 13. Prueba de Friedman para la evaluación de la aceptabilidad general de rebanadas de papa frita sin secado y con secado.

Tratamientos	Secado previo	Tiempo de fritura a 190° C (minutos)	Media	Rango promedio
S_{1,t_1}	Sin	2:00	2.10	2.02
S_{1,t_2}	Sin	2:15	1.93	1.73
S_{1,t_3}	Sin	2:30	2.97	2.35
S_{2,t_1}	Con	2:00	5.50	4.08
S_{2,t_2}	Con	2:15	6.63	4.83
S_{2,t_3}	con	2:30	8.70	5.98
Chi-cuadrado			131.468	
p			0.000	

Cuadro 14. Prueba de Wilcoxon para la evaluación de la aceptabilidad general de rebanadas de papa frita sin secado y con Secado.

Tratamientos		Z	P
S_{2,t3}	S_{1,t1}	-4.858	0.000
	S_{1,t2}	-4.832	0.000
	S_{1,t3}	-4.832	0.000
	S_{2,t1}	-4.864	0.000
	S_{2,t2}	-4.770	0.000

S_{1,t1}: sin secado previo, tiempo de fritura a 190° C, 2:00 minutos.
S_{1,t2}: sin secado previo, tiempo de fritura a 190° C, 2:15 minutos.
S_{1,t3}: sin secado previo, tiempo de fritura a 190° C, 2:30 minutos.
S_{2,t1}: con secado previo, tiempo de fritura a 190° C, 2:00 minutos.
S_{2,t2}: con secado previo, tiempo de fritura a 190° C, 2:15 minutos.
S_{2,t3}: con secado previo, tiempo de fritura a 190° C, 2:30 minutos.

Tal como se observa, el tratamiento S_{2,t3}, con mayor rango promedio, presentó diferencia significativa con los demás tratamientos, por lo que recomendaría a tomar en cuenta durante el procesamiento industrial.

V. CONCLUSIONES

Se determinó que el secado previo y el tratamiento térmico de fritura afectaron significativamente el contenido de humedad, absorción de aceite, firmeza y aceptabilidad general de las rebanadas de papa frita.

Las rebanadas de papa sometidas a secado previo proporcionaron rebanadas de papa frita con menor contenido de humedad mayor firmeza y aceptabilidad general de rebanadas de papa frita variedad Huevo de indio.

Se determinó en las muestras con y sin secado previo que a mayor tiempo de fritura, menor contenido de humedad, mayor adsorción de aceite y mayor firmeza final en las rebanadas de papa.

Se determinó que el tratamiento S_2t_3 , fue el que presentó menor contenido de humedad, mayor firmeza, mayor aceptabilidad general y absorción de aceite de 4.38 %.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el método del secado previo en procesos industriales de elaboración de rebanadas de papa frita debido a que obtendrá productos con menor contenido de humedad mayor firmeza y aceptabilidad.

VII. BIBLIOGRAFIA

Aguilera, J. 1997 Fritura de alimentos . In J.M. Aguilera, Temas en Tecnología de Alimentos 1 Mexico. Instituto Politecnico Nacional

Anzaldúa - Morales, A. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y Práctica. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

AOAC. 1995. Official Methods of analysis. 16th Agric. Chem. Washington, DC

Bautista, C. 2008. Influencia del suero de leche en polvo, y gel de suero sobre la altura, la firmeza y aceptabilidad general. Trabajo de Tesis en Ingeniería en Industrias Alimentarias de Programa de Titulación Profesional Extraordinaria. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

Borba N. 2008. La Papa un alimento básico. Universidad Nacional de Uruguay

Castro L, C. 2008. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la patata para fritura. Trabajo de Tesis Universidad de Burgos.

Christiansen J, A. 1989. La Papa nuestra de cada día. Editorial Pachamama. Lima, Perú

Coello C, N. 2007. Determinación de las condiciones de inactivación enzimática y su efecto con la temperatura y tiempo de fritura sobre la firmeza y calidad sensorial de rodajas fritas de plátano. Trabajo de Tesis en Ingeniería en Industrias Alimentarias de Programa de Titulación Profesional Extraordinaria. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo,Perú

Comba P, M. 2012. Optimización del color, sabor, y crocantez de hojuelas fritas de papa (*Solanum Tuberosum*) variedad Yungay por efecto de la temperatura y tiempo de fritura utilizando el método de la superficie de respuesta. Trabajo de Tesis en Ingeniería Agroindustrial Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Collazos C.; White P.; White H., Viñas E.; Alvistur E.; Urquieta R.; Vasquez. J.; Días C.; Quiroz A.; Roca Amalia.; Hegsted M., Bradfield R.; Herrera N.; Faching A.; Robles N.; Hernández E.; y Arias M. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Ministerio de Salud. Lima, Perú.

Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Garayo. J., Moreira, R. 2002. Vacuum frying of potatoes chips. Journal of Food Engineering, 55: 181-191.

Geankoplis. C.1998 J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. University of Minnesota, Tercera Edición. Mexico.

Krokida, M.k, Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B. 2001 Effect of pre.drying on quality of french fries. Journal of Food Engineering 49: 39-49.

Islas R, L.; Jiménez A, M. N., Orozco C, L., y Pascual Y, L. 2004. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de papas prefritas congeladas. Tesis Universidad Autonoma Metropolitana. México.

Jave S, L. 2008. Estudio comparativo del efecto de dos mezclas de hidrocoloides crioprotectores en la aceptabilidad general y perdida de agua por centrifugación del puré de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Amarilla, descongelado. Trabajo de Tesis en Ingeniería en Industrias Alimentarias de Programa de Titulación Profesional Extraordinaria. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú

Ministerio de Agricultura 2005. Informe Estadístico. Lima, Perú (en línea). Disponible en: http://www.minag.gob.pe/dgpa_papa_intro.sht.

Moncada V, G. 2007. Optimización del color, sabor, y crocantez de rodajas fritas de plátano (*Musa paradisiaca*; Variedad Inguiri) por efecto de la temperatura y tiempo de fritura utilizando el método de superficie de respuesta. Trabajo de Tesis en Ingeniería Agroindustrial de Programa de Titulación Profesional Extraordinaria. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.

Moreno J. 2001. La calidad de la Papa para usos industriales. Investigación de programa regional agrícola. Bogotá, Colombia.

Moreira, R. Castell-Perez, M.E y Barrufet, M.A. 1999. Deep fat frying: fundamentals and applications. Maryland: Aspen Publishers, Inc.

Moyano P. y Pedreschi F. 2006. Deep fat frying of potatoes. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Santiago de Chile.

Pedreschi F. y Moyano P. 2005 Effect of predrying on texture and oil uptake of potato chips. Ciencia y Tecnología de Alimentos, 38: 29-35.

Pedreschi F. Hernandez P. y Figueroa C. 2005. Modeling water loss during frying of potato slices. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Santiago de Chile. Pag 289-299.

Pedreschi F. y Zuñiga R. 2008. Kinetics of quality changes during frying. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Santiago de Chile. Pag 81-112.

Sánchez C. 2003. Cultivo y comercialización de la Papa. Editorial Servilibros, Guayaquil-Ecuador.

Sukumar D. Rastogi N. Gopala K. y Lokesh B. 2009. Oil partitioning between surface of deep fat fried potato slice a Kinetic study. Food Science and Technology, 42: 1050-1058.

Troncoso E. y Pedreschi F. 2009. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pretreated potato slices. *Food Science and Technology*, 42: 1164-1173

Troncoso E. Pedreschi F. y Zuñiga R. 2009. Comparative study of physical and sensory properties of pretreated potato slices during vacuum and atmospheric frying. *Food Science and Technology*, 42: 187-195

Valenzuela A. Sanhueza J. Nieto S. Petersen G., y Tavella M. 2003. Estudio comparativo en fritura de la estabilidad de diferentes aceites vegetales. Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA). Universidad de Chile. Chile.

Wills. R, Mcglasson. B, Grahan. D, y Joyce. D. 1998 *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas y hortalizas y plantas ornamentales*. Segunda Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.