



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**Comparación y caracterización del contenido graso y el
comportamiento térmico de tubérculos fritos (Camote, Papa
China, Fripapa)**

Trabajo de graduación previo al título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Autora:

Janina Lissette Ochoa Holguín

Director:

Bolívar Andrés Pérez González

**CUENCA – ECUADOR
2020**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres José e Isabel, quienes con su amor y esfuerzo me supieron ayudar en el transcurso de mi formación profesional. A mi amado esposo Renzo, por ser un pilar importante y un apoyo en todo momento. A mi hijo por ser mi motivación cada día.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis compañeros, amigos, familia y todos aquellos que de una u otra forma me acompañaron en este camino.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por ser mi guía constante y permitirme culminar esta meta. A mi esposo por su amor, comprensión y soporte, motivándome siempre a finalizar este proyecto.

A mis padres, mis suegros y a mi familia, por su apoyo incondicional durante todo el trayecto, sin ellos nada de esto sería posible.

De manera especial a mi director de tesis, Ingeniero Andrés Pérez por su guía y dedicación durante la elaboración del proyecto.

A los docentes de la facultad de Ingeniería en Alimentos, por su ayuda y los conocimientos impartidos en el transcurso de la carrera.

A la Universidad del Azuay, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Comparación y caracterización del contenido graso y el comportamiento térmico de tubérculos fritos (Camote, Papa China, Fripapa)

RESUMEN

Los tubérculos como fripapa, papa china y camote morado, se encuentran dentro de la gama de alimentos que han sido limitados en su uso a nivel industrial debido a la escasa información existente, por esta razón en el presente trabajo de investigación se llevó a cabo un estudio comparativo en cuanto a su perfil lipídico y comportamiento térmico con el fin de aportar resultados que podrían aplicarse en futuras investigaciones. Se estableció un diseño experimental 2³ en chips, en donde se encontró que la variable con mayor influencia en el proceso de freído fue el reúso del aceite en las chips de fripapa, identificando que a menor temperatura y menos reúsos la composición de ácidos grasos insaturados varía en menor proporción. En cuanto al comportamiento térmico, se establece que tanto la fripapa como el camote pueden ser empleados en procesos a elevadas temperaturas, mientras que para la papa china sucede lo contrario.

Palabras claves: Tubérculos. Freído. Ácidos grasos. Comportamiento térmico.



Ing. Andrés Pérez González

Director de trabajo de titulación



Ing. Maria Fernanda Rosales

Coordinadora de escuela



Janina Ochoa

Autor

**Comparison and characterization of fat content and thermal behavior
of fried tubers (Sweet potato, Chinese potato, Fripapa)**

ABSTRACT

Tubers such as frippapa, Chinese potato and purple sweet potato, are within the range of foods limited in their use to the industrial level due to the scarce information available. For this reason, a comparative study was carried out regarding their lipid profile and thermal behavior in order to provide results that could be applied in future research. A 2³ experimental design on chips was established. It was found that the variable with the greatest influence on the frying process was the reuse of oil in the frippapa chips, identifying that at a lower temperature and less reuses, the composition of unsaturated fatty acids varies in a smaller proportion. Regarding thermal behavior, it is established that both frippapa and sweet potato can be used in processes at high temperatures, while the opposite occurs for Chinese potatoes.

Keywords: Tubers. Fried. Fatty acids. Thermal behavior.


Ina. Andrés Pérez González

Thesis Director


Ing. Maria Fernanda Rosales

Faculty Director


Janina Ochoa

Author


Universidad del Azuay
Dpto. Idiomas
Translated by
Ing. Paul Arpi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
INTRODUCCIÓN	1
Usos de los tubérculos	3
Almidón	3
Escaldado	5
Proceso de freído	5
Efectos del consumo de grasas en la salud	9
CAPITULO 1.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Área de estudio	10
Métodos	10
Estandarización de la materia prima	10
Diseño experimental.....	10
Descripción del proceso	11
Extracción de grasa.....	12
Caracterización mediante cromatografía	12
Obtención del almidón de la papa china, fripapa y camote morado.	12
Entalpía y temperatura de gelatinización	13
CAPÍTULO 2.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Evaluación de variables	14
Bromatología.....	18
Perfil Lipídico	19
Entalpía y temperatura de gelatinización	20
CONCLUSIONES	22
Conclusiones	22
Recomendaciones	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición bromatológica de fripapa, papa china y camote morado.	2
Tabla 2 Composición de ácidos grasos en los aceites comunes para fritura.	7
Tabla 3. Esquema del diseño experimental factorial completo a dos niveles para tres factores con tres réplicas centrales.	10
Tabla 4. Condiciones aplicadas en chips de papa china, fripapa y camote morado.	11
Tabla 5. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) del proceso de fritura de los chips de fripapa.	14
Tabla 6. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) del proceso de fritura de los chips de papa china.	15
Tabla 7. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) del proceso de fritura de los chips de camote.	16
Tabla 8. Datos bromatológicos en chips de fripapa, papa china y camote después del proceso de freído.	18
Tabla 9. Perfil de ácidos grasos presentes en los chips de fripapa, papa china y camote morado.	19
Tabla 10. Temperatura (°C) y entalpía (ΔH) de gelatinización de los almidones de camote, fripapa y papa china.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del equipo de fritura.	12
Figura 2. Diagrama de Pareto de los chips de fripapa y los efectos que inciden durante el freído.	15
Figura 3. Diagrama de Pareto de los chips de papa china y los efectos que inciden durante el freído.	16
Figura 4. Diagrama de Pareto de los chips de camote y los efectos que inciden durante el freído.	17

Janina Ochoa
Trabajo de graduación
Andrés Pérez González
Enero 2020

Comparación y caracterización del contenido graso y el comportamiento térmico de tubérculos fritos (Camote, Papa China, Fripapa)

INTRODUCCIÓN

En el país, el cultivo de tubérculos se da principalmente en la región andina debido a sus zonas geográficas ricas en nutrientes. Allí se han originado y domesticado especies de plantas como la papa y el camote, siendo la papa uno de los cultivos más importantes a nivel mundial (Fuentes, 2006). Se estima que hay alrededor de 550 variedades nativas y más de 20 mejoradas (Mascotrola et al., 2016), que son utilizadas para el consumo diario de la población, sin embargo, no todas han sido estudiadas a profundidad. La papa china, fripapa y el camote morado se encuentran dentro de estas variedades de tubérculos considerados poco comunes y limitados en su uso a nivel industrial, por esta razón serán evaluados en la presente investigación.

La *Colocasia Esculenta* también conocida como Papa China o Taro, es una de las especies más consumidas en la región amazónica del Ecuador, ya que constituye una fuente económica de carbohidratos en relación a otros tipos de tubérculos o cereales. Su cultivo es sencillo y resistente al ataque de plagas y enfermedades, pero debido a su elevado contenido de humedad es altamente perecedero después de la cosecha. Actualmente ocupa el quinto puesto en el cultivo de raíces y tubérculos a nivel mundial (Espinoza, 2019). Esta especie, así como muchas otras han evolucionado a través del tiempo, adaptándose a los diferentes medios de cultivos e incluyéndose en la dieta de gran parte de la población. Sin embargo, posteriormente se dio una diversificación que ocurrió a través de la hibridación intra e interespecífica de ciertos tubérculos, lo que permitió crear nuevas especies con mejores características (Torres, 2010).

Dentro de las variedades de tubérculos mejorados a nivel nacional, INIAP – Fripapa es producida en mayor cantidad representando más de la mitad del área sembrada (Tonato, 2015). Se distingue por su forma oblonga, color de piel rosada, ojos superficiales bien distribuidos en el tubérculo y color de pulpa amarilla. La INIAP – Fripapa se adapta a suelos negros andinos y obtiene rendimientos promedios excelentes. Debido a las propiedades que posee este tubérculo, en los últimos años se ha logrado una amplia aceptación por parte de los agricultores y procesadores, compitiendo con variedades como Superchola y María, que eran las preferidas por los procesadores de papa en sus distintas formas (Andrade, Lara, Sola, & Morales, 1995).

A diferencia de la papa, el Camote (*Ipomea Batatas*) es muy poco utilizado a nivel industrial a pesar de su fácil producción y sus bajos costos en cuidados, selección, conservación y almacenamiento. El camote es considerado un tubérculo con alto valor nutritivo. Existen estudios que demuestran que la variedad de pulpa morada retarda el envejecimiento por tener propiedades antioxidantes y un importante valor vitamínico y proteico, incluso superior al de la papa (Macas, 2010). El camote se da en todas las regiones del país, siendo las provincias de Guayas, Manabí, Pichincha y Morona Santiago las zonas productoras de mayor importancia (Herrera, 2015). Sin embargo, a pesar de que la demanda de consumo de camote ha aumentado, forma parte de la dieta alimenticia de la población especialmente rural, debido a que se cultiva en sectores agrícolas muy pobres, constituyendo una fuente de ingresos económicos para pequeños y medianos agricultores.

Estas raíces presentan diferentes composiciones tal como se muestra en la Tabla 1, donde se puede observar el contenido nutricional de cada tubérculo. La siguiente información fue utilizada en esta investigación.

Tabla 1 Composición bromatológica de fripapa, papa china y camote morado.

Componentes (%)	Fripapa	Papa China	Camote Morado
Almidón	18.4	22.62	25.12
Fibra	1.39	2.51	3
Proteínas	8.32	4.69	5.03
Humedad	74.01	69.98	58.08
Cenizas	4.3	2.37	2.54

(Andrade, et al., 2008; Herrera, 2015; Renee, et al.,2018; Romero, et al.,2019)

En el Ecuador el uso de tubérculos a nivel industrial es elevado, siendo una de las formas de consumo más típicas el freído; sin embargo, durante este proceso muchas veces se desconoce ciertas modificaciones que se dan a nivel celular debido a las composiciones propias de cada tubérculo, lo que lleva a plantear la siguiente interrogante ¿Se pueden encontrar diferencias en las características de tubérculos fritos que han sido sometidos a procesos de fritura controlada? Para ello es importante indicar que parámetros como la

humedad, contenido de almidón, temperaturas de escaldado/freído, entre otros, definirán los resultados en el producto final.

A causa de la producción de papa china, fripapa y camote morado en el país, y la creciente demanda de nuevos productos alimenticios en el mercado, se ha visto la necesidad de evaluar el comportamiento térmico y el perfil lipídico para generar resultados que podrían servir en futuras investigaciones. En este estudio comparativo del proceso de fritura de estos tubérculos se consideraron los siguientes aspectos:

- Identificar los factores con mayor influencia en el procesamiento de freído mediante diseño experimental.
- Identificar los ácidos grasos que se generan en el proceso de fritura y su transmisión a los tubérculos fritos.
- Determinar la entalpía de gelatinización de los tubérculos en estudio.
- Determinar las características nutricionales de los tubérculos fritos.

Usos de los tubérculos

El camote es utilizado industrialmente para la elaboración de chips, coladas, mermeladas, dulces y licor, ya que se lo considera un alimento muy frecuente. También es consumido en sopas, tortas, papillas o tortillas, variando su preparación ya sea hervidos, asados o fritos. Las hojas de este tubérculo son utilizadas para alimentación del ganado (Herrera, 2015). En general el camote se emplea como comestible, sin embargo, también hay reportes indicando que se le atribuyen propiedades medicinales usando las raíces y hojas para el tratamiento de leucemia, anemia, hipertensión, diabetes y hemorragias (Linares, Bye, Rosa-Ramirez, & Pereda-Miranda, 2008).

Los tubérculos como la papa son utilizados en el procesamiento de papas fritas en forma de bastones o en hojuelas, también son aprovechados para la elaboración de almidón y de harina usados como espesantes en sopas y otras preparaciones. Algunas tienen usos medicinales, por ejemplo, la Papa China, que al ser antibacteriana e hipotensora, se emplea para tratar heridas y quistes o aliviar problemas estomacales haciendo infusiones con sus hojas. La savia del tallo de la hoja es usada para tratar la conjuntivitis (Espinoza, 2019).

Almidón

Este carbohidrato ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde la prehistoria y actualmente se le ha dado un gran número de usos industriales. Se lo puede encontrar en cereales, tubérculos y algunas frutas, su concentración varía según el estado de madurez de la fuente. Estructuralmente, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina; el primero es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α

(1-4), no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno. El segundo es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6), es parcialmente soluble en agua caliente (Badui Dergal, 2006; Hernández-medina, Torruco-uco, Chel-guerrero, & Betancur-ancona, 2008).

Gelatinización

Cuando los gránulos de almidón se exponen al mismo tiempo al calor y a la humedad empieza un proceso lento de absorción de agua por los grupos polares hidroxilo, a medida que se incrementa la temperatura se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse. Por encima de 55-70°C el gránulo alcanza su volumen máximo, perdiendo su propiedad de birrefringencia (pérdida de la orientación molecular). Si se administra más calor, el gránulo se rompe parcialmente y la amilosa y amilopectina fuertemente hidratadas, se dispersan en el seno de la disolución debido a que los gránulos se adhieren los unos a los otros, aumentando así su viscosidad (Badui Dergal, 2006; Desnuelle et al., 1988).

La temperatura de gelatinización es una característica específica de cada almidón en particular y depende de factores como el tamaño de los gránulos, la relación amilosa/amilopectina y las fuerzas intra e intermoleculares, entre otras (Aguilar, 2012). En el almidón de camote se ha demostrado un amplio rango de variación de la temperatura de gelatinización que va desde los 55.2 hasta los 68.2°C, y en el caso de la papa desde los 60 hasta los 80°C. Esta temperatura en realidad es un intervalo, ya que los gránulos tienen diferente composición y grado de cristalinidad, aunque provengan de la misma fuente botánica, lo que provoca que unos sean más resistentes que otros. Por este motivo se presenta una diferencia de 8 a 12°C, teniendo como promedio 10°C entre la temperatura de gelatinización de los primeros gránulos con la de los últimos (Badui Dergal, 2006; Hernández-medina et al., 2008).

Como los gránulos de almidón son considerados polímeros esferulitos, la gelatinización puede verse como un proceso de fusión y corresponde a una transición de primer orden, de manera que es caracterizada mediante una curva de calorimetría diferencial de barrido, por picos relativamente agudos que aparecen en los termogramas, haciendo fácil su reconocimiento e interpretación (Aguilera & Stanley, 1992; Flammersheim, Hemminger, & Höhne, 2003).

Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)

La calorimetría diferencial de barrido es un método de medición que permite identificar rápidamente en el alimento los efectos térmicos y determinar la capacidad calorífica, el calor de transición, los datos cinéticos, entre otros (Flammersheim et al., 2003). Evalúa las transformaciones físicas y químicas en función de la cantidad de calor que es suministrada a

la materia, mediante un diferencial de entalpía que se da entre una cápsula que contiene la muestra estudiada y otra cápsula vacía que sirve de referencia. El equipo cuenta con dos calentadores individuales, en uno se coloca la cápsula con la muestra mientras que en el otro la referencia, al calentarse ambas cápsulas el programa de computadora se asegura de realizar el ensayo a la misma velocidad de calentamiento. La energía necesaria para calentar las cápsulas es medida mediante un termograma DSC en el que se visualiza el flujo de calor vs la temperatura. El área bajo la curva representa la entalpía del calorímetro diferencial de barrido (Coello & Garcés, 2012).

El análisis DSC se utiliza para predecir el comportamiento de la textura en los productos alimenticios. En el caso de harinas y almidones proporciona información referente a la gelatinización, transición vítrea y retrogradación.

Escaldado

El escaldado o blanqueado es uno de los tratamientos térmicos más importantes en el proceso de alimentos ya que desactiva enzimas presentes en el tejido como la polifenoloxidasas en el caso de las papas, evitando un oscurecimiento no deseable. Además, durante la fritura induce la lixiviación de azúcares acumulados con el fin de controlar la reacción de Maillard (Illanes, 2014). El proceso se realiza en agua caliente a temperaturas que varían de 70 a 100°C en donde se sumerge el alimento por un tiempo determinado, lo que permite (Califano, 1981):

- Mejorar el color del producto terminado.
- Reducir la absorción de aceite debido a la gelatinización del almidón en la superficie del tubérculo.
- Reducir el tiempo de freído ya que en el escaldado la papa es parcialmente cocida.
- Mejorar la textura del producto final.

En la producción industrial de papas fritas, el escaldado se realiza mediante un transportador de cadena que lleva los productos a través de un tanque con agua calentada indirectamente con vapor. Este tratamiento requiere tiempos de procesamiento más largos dando como resultado una mayor lixiviación de minerales y nutrientes (Powers, Cavalieri, & Reyes De Corcuera, 2004).

Proceso de freído

El freído es uno de los métodos de cocción más utilizados actualmente debido a su fácil y rápida aplicación, en donde se modifican las características organolépticas de los alimentos. El proceso se basa en la inmersión de una materia prima en grasa o aceite a temperaturas que varían entre 160 y 200°C, ocurriendo un gran número de transformaciones que pueden

producir disminución de componentes nutricionales, formación de compuestos tóxicos, aumento de la viscosidad, oxidación de la grasa, entre otros (Badui Dergal, 2006; Restrepo, 2018).

Durante el freído, el aceite actúa como transmisor de calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme en el alimento que al someterse a altas temperaturas ocasiona su deshidratación. El agua que sale del alimento a la superficie deja poros y capilares vacíos que son ocupados por el aceite, presentándose en el caso de las papas hasta un 40% de absorción. La velocidad de entrada del aceite en el alimento depende de su viscosidad y la tensión superficial. A su vez, las propiedades físicas del alimento varían con los cambios de temperatura y de humedad que suceden en el interior del mismo (Astudillo, 2018; Badui Dergal, 2006). En los tubérculos, este proceso de cocción sella el alimento gracias a que el almidón se gelatiniza, los tejidos se ablandan y las enzimas son parcialmente inactivadas. De esta manera, los sabores y jugos que componen el alimento se conservan en su parte interna por la formación de una capa que recubre el producto, debido a la humedad perdida durante el proceso (Lucas, Quintero, Vasco, & Cuella, 2011).

Ácidos grasos

Las grasas y los aceites están compuestos por moléculas orgánicas pertenecientes a la familia de los lípidos, constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas, alifáticas o aromáticas. Estos ácidos grasos unidos a un glicerol forman los triglicéridos, que dependiendo el tipo de aceite o grasa pueden variar su estructura (Astudillo, 2018). Entre los principales se encuentran los ácidos grasos saturados, insaturados (cis) y los trans.

Los ácidos grasos saturados tales como el ácido láurico, mirístico, palmítico y esteárico predominan en las grasas con cadenas lineales de carbono e hidrógeno ($-\text{CH}_2-$), unidos en enlaces sencillos. Se caracterizan por ser sólidos a temperatura ambiente con un punto de fusión elevado. Aquellos que tengan bajo peso molecular se los puede encontrar en alimentos como la leche de coco y aceite de palma, mientras que los de mayor peso molecular se detectan en las leguminosas. En cuanto a los ácidos grasos insaturados, los que predominan en los lípidos contienen uno, dos, o tres grupos alilo, con el doble enlace aislado ($-\text{CH} = \text{CH}-$), y dependiendo de la orientación en el espacio de estos dobles enlaces, pueden existir dos configuraciones: cis y trans. Las grasas insaturadas de manera natural se encuentran en configuración cis, que se caracterizan por que tienden a ser líquidas a temperatura ambiente y son susceptibles al enranciamiento. Estos ácidos grasos se pueden clasificar según el metilo terminal en tres familias: omega 3 ($\omega-3$), omega 6 ($\omega-6$), omega ($\omega-9$). En alimentos como la carne, leche de bovinos y ovejas se puede encontrar pequeñas cantidades de ácidos grasos insaturados en forma trans, mientras que en una dieta normal la mayoría de los ácidos grasos insaturados tienen conformación cis (Cabezas et al., 2016; Robles et al., 2012).

Los ácidos grasos trans se forman en grasas y aceites de fritura como resultado de una isomerización geométrica, siendo el ácido graso trans más común el ácido elaídico. Producen una configuración más rígida que requiere menos espacio que el doble enlace cis, dando como resultado un punto de fusión alrededor de la temperatura ambiente (punto intermedio entre las grasas saturadas y las insaturadas en configuración cis). Este punto de fusión es altamente deseable en la manufactura de alimentos debido a que provee características organolépticas favorables tales como textura y sabor (Robles et al., 2012).

Actualmente existe una gran variedad de aceites que son consumidos como parte de la dieta y que presentan diferente composición de ácidos grasos. A continuación, en la Tabla 2 se reportan los contenidos de cada uno.

Tabla 2 Composición de ácidos grasos en los aceites comunes para fritura.

Tipos de Aceite	Ácidos grasos (g/100g de aceite)			
	Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados	Trans
Palma	49.3	37	9.3	SRD
Soya	15.65	22.783	57.74	0.533
Canola	7.365	63.276	28.142	0.395
Girasol	9.009	57.334	28.962	0.219
Oliva	13.808	72.962	10.523	SRD
Maíz	12.948	27.576	54.677	0.286

SRD: Sin reporte de dato
(Suaterna, 2009)

Cromatografía de gases (CG)

La cromatografía de gases es el método más utilizado para el análisis de ácidos grasos en muestras de grasas y aceites, ya que permite separar los componentes de una muestra vaporizada mediante su distribución entre una fase móvil y una fase estacionaria líquida o sólida contenida en una columna (Rivera, 2008). En la práctica, un método basado en CG consiste en los siguientes pasos (Hajslova & Cajka, 2008):

1. Aislamiento de analitos de una muestra representativa (extracción).
2. Separación de componentes de matriz coextraídos (limpieza).
3. Identificación y cuantificación de analitos objetivo.
4. Confirmación de resultados por un análisis adicional.

Descripción del método:

La muestra a analizar se inserta mediante una microjeringa a través de un inyector a alta temperatura permitiendo su volatilización. Luego por medio del gas de la fase móvil o gas portador (generalmente Hidrógeno) es transferida a una columna de cobre en donde comienza el proceso de separación (Schomburg, 1990). La columna a través de la cual fluye el gas portador contiene una fase estacionaria sólida (polimetil silicona) y está situada en el

compartimiento de un horno termostatzado. Las sustancias presentes en la muestra pasan a través de la columna en donde son separadas para luego ingresar al sistema de detección con un perfil característico de sus concentraciones dentro del gas portador (D. Rivera, 2008). Dependiendo del objetivo del análisis, aquellos componentes se detectan selectivamente mediante una señal eléctrica específica apareciendo en el cromatograma como picos. Cada pico representa este perfil de concentración característico de una especie eluida que el detector hace visible (Schomburg, 1990).

Deterioro de las grasas y aceites.

Los aceites se deterioran lenta o rápidamente dependiendo de ciertos factores que pueden ser controlables como las prácticas de manejo, el tipo de fritura, la temperatura que alcanzan los aceites, la reposición o no de aceite, el tiempo de utilización, entre otros, y factores no controlables como la presencia de oxígeno (Suaterna, 2009). Durante el proceso de fritura, las grasas y los aceites experimentan tres importantes reacciones lipídicas dando como resultado el deterioro del aceite: rancidez hidrolítica, rancidez oxidativa, y alteración térmica. La rancidez hidrolítica o hidrólisis se da por una ruptura del enlace éster debido a la humedad del producto alimenticio, con la posterior liberación de ácidos grasos, monoacilglicerol y diacilglicerol. La formación de ácidos grasos libres es directamente proporcional a la cantidad de vapor eliminado por el alimento teniendo en cuenta que a mayor cantidad de alimento que se fría mayor será la humedad presente en el aceite (Astudillo, 2018).

Las reacciones de oxidación de los aceites se producen fundamentalmente en los ácidos grasos insaturados de los triglicéridos, el oxígeno atmosférico actúa sobre el aceite produciendo la oxidación de los ácidos grasos, inicialmente en los dobles enlaces, dando lugar a los peróxidos e hidroperóxidos y luego formando radicales más complejos como aldehídos y cetonas. Las altas temperaturas aceleran la oxidación de los ácidos grasos, especialmente por encima de los 60°C. La mayor parte de estos nuevos productos son los responsables del olor desagradable de los aceites usados y de los alimentos fritos. Las reacciones de oxidación son las más relacionadas con la salud y la nutrición debido a que los compuestos formados han sido relacionados en animales de experimentación como productores de retraso en el crecimiento, hipertrofia hepática e hígado graso (Astudillo, 2018; Juárez, 2007; Suaterna, 2009).

Durante la alteración térmica, pueden formarse diversos productos como resultado de la oxidación, por ejemplo, la polimerización que se caracteriza por una producción de uniones cruzadas entre cadenas de ácidos grasos no saturados, directamente o a través de átomos de oxígeno, y que pueden dar lugar a estructuras cíclicas (Astudillo, 2018). Otros efectos de la polimerización son el espesamiento de los aceites y la formación de un residuo marrón similar a una resina en la superficie de la freidora y en otras superficies expuestas al aceite caliente (Juárez, 2007).

Efectos del consumo de grasas en la salud

Diversos estudios han demostrado que enfermedades cardiovasculares están relacionadas al consumo de ciertos tipos de ácidos grasos. En el caso de los aceites que han sido sometidos a procesos de hidrogenación, se ha visto una sustitución de los ácidos grasos ω -3 y ω -6 por ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans. Además, la ingesta de grasas trans y saturadas se encuentran relacionadas con la ganancia de peso, aumento del colesterol LDL o también conocido como colesterol “malo”, resistencia a la insulina y algunos tipos de cáncer en especial mama y próstata (Cabezas et al., 2016).

La razón por la cual los ácidos grasos trans producen todos estos daños en el organismo se debe a que estructuralmente son muy parecidos a las grasas saturadas y su digestión y absorción intestinal es similar a la de los ácidos grasos cis, acumulándose en el tejido adiposo y en los fosfolípidos de las membranas celulares (Valdez, 2017). En cuanto a los aceites térmicamente oxidados, constituyen sustancias altamente reactivas y tóxicas que pueden modificar proteínas, ácidos nucleicos y otras biomoléculas (Astudillo, 2018).

CAPITULO 1

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Química Instrumental de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, que cuenta con los materiales y equipos necesarios para generar la información requerida para el análisis.

Métodos

Estandarización de la materia prima

Los tubérculos de friepapa, papa china y camote morado que fueron seleccionados se limpiaron y pelaron manualmente. Posteriormente, mediante una mandolina se cortaron las raíces de manera uniforme con un espesor de 1.6mm. Finalmente, se utilizó un molde redondeado para dar forma a cada hojuela obteniendo chips listos para el proceso.

Diseño experimental

Se aplicó un diseño factorial completo 2^3 para evaluar la influencia de los factores sobre el proceso de freído en tubérculos, teniendo como variables: tiempo de freído en segundos (s) tiempo de escaldado (s), y reuso del aceite. En total 11 experimentos para cada tubérculo utilizado. En la Tabla 3 se encuentra el diseño experimental aplicado y en la Tabla 4 las condiciones en las que se trabajó cada chip.

Tabla 3. Esquema del diseño experimental factorial completo a dos niveles para tres factores con tres réplicas centrales.

Experimentos	Matriz de experimentos		
#	tiempo de freído	tiempo de escaldado	reuso
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0

Tabla 4. Condiciones aplicadas en chips de papa china, fripapa y camote morado.

Papa China Chips			
	t. freído (s)	t. escaldado(s)	reúso
-1	90	30	1
0	120	60	3
1	150	90	6
Fripapa Chips			
	t. freído(s)	t. escaldado(s)	reúso
-1	90	90	1
0	120	120	3
1	150	150	6
Camote Chips			
	t. freído(s)	t. escaldado(s)	reúso
-1	90	90	1
0	120	120	3
1	150	150	6

En la variable experimental reúso se tomaron los valores 1, 3 y 6 debido a que 1 es el mínimo de usos posibles. En trabajos efectuados sobre estudios de frituras se han utilizado otras cantidades de reúsos en los que no se consideró 3 y 6 por lo que se tuvo en cuenta hacerlo en esta investigación para observar si con este número de reúsos, la variable podría ser significativa (Gómez, 2018; Restrepo, 2018; Guerrero, 2018).

Descripción del proceso

Se llevó a cabo el escaldado de las muestras a 90°C como pre tratamiento, luego fueron secadas inmediatamente para ser sumergidas en 1L aceite comercial de palma a 175°C a través de una canastilla. El equipo de fritura empleado en el estudio se puede observar en la Figura 1, y consta de una doble camisa rellena con fibra de corindón para evitar la pérdida de calor, además de un controlador y un agitador haciendo que la transferencia de calor sea uniforme. Tanto la temperatura de escaldado como la temperatura de freído permanecieron constantes.

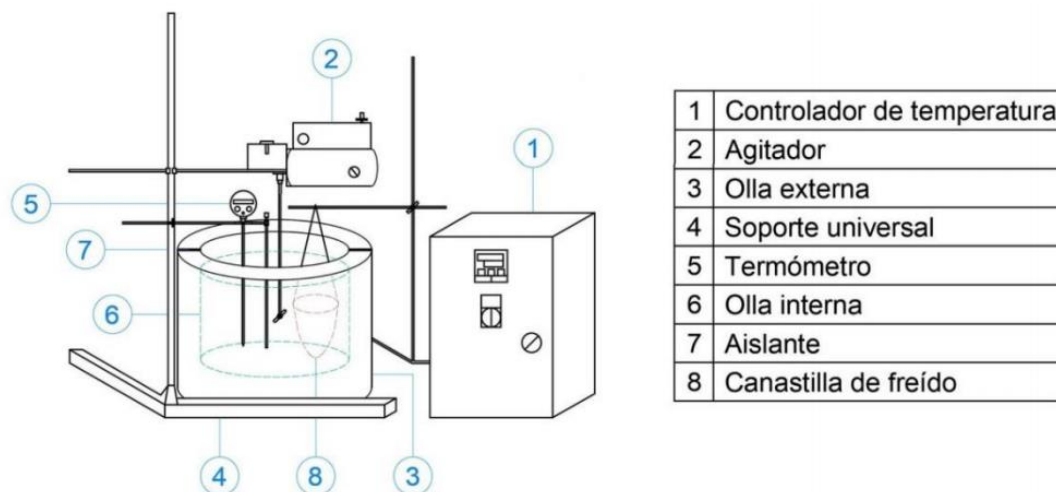


Figura 1. Esquema del equipo de fritura.

Extracción de grasa

La extracción de grasa se realizó por duplicado utilizando dedales con aprox. 5g de muestra desecada y vasos con 60mL de éter de petróleo como solvente. Se trabajó en el equipo VELP SCIENTIFIC de la serie VELP Ser 148, a una temperatura de 130°C mediante tres etapas: inmersión, lavado y recuperado con tiempos de 60 minutos para las dos primeras etapas y 30 minutos para la tercera. Las extracciones obtenidas fueron guardadas para posteriores análisis.

Caracterización mediante cromatografía

Las determinaciones por cromatografía se efectuaron aplicando el método FAME (Fatty Acid Methyl Ester) (Moreda, 2000), el cual consiste en la metilación de ácidos grasos presentes en la muestra. Para este propósito, se prepararon soluciones con 0.05g de muestra, 1mL de hexano y 0.2mL de hidróxido de potasio en metanol, los cuales fueron guardados en refrigeración hasta su utilización. Luego, por medio de una micro jeringa se tomó aproximadamente 1µL de cada solución para ser inyectada en el cromatógrafo de la marca Carlo Erba Instruments serie HRGC 5300, en donde se procedió a cuantificar los ácidos grasos.

Obtención del almidón de la papa china, fripapa y camote morado.

Para la obtención del almidón se empleó el método de molienda húmeda que se basa en la separación del mismo por medio de decantación (Melian, 2010). Los tubérculos seleccionados fueron limpiados, lavados y pelados para luego rallarlos manualmente con la finalidad de desintegrar la pulpa y dejar libre el almidón. Se agregó agua a las raíces ralladas en una proporción de 10mL de agua por cada gramo de raíz, procediendo a agitar la mezcla por un

tiempo de 20 minutos aproximadamente. Se filtró la pulpa con ayuda de un lienzo, separando la fibra del almidón el cual es arrastrado por el agua; seguidamente los sólidos retenidos fueron desechados y el material filtrado se dejó decantar por tres horas en refrigeración. El sobrenadante fue eliminado y el sedimento quedó en reposo hasta el día siguiente. Con una espátula se pasó el almidón obtenido a una cápsula que luego fue colocada en una estufa a 40°C durante 24 horas. Una vez seco el almidón se trituro en un mortero y nuevamente fue puesto en la estufa durante 48 horas hasta obtener un peso constante.

Entalpía y temperatura de gelatinización

La determinación se realizó por Calorimetría Diferencial de Barrido utilizando el equipo Bonnin Instrument Technology, modelo 800B con una resolución de 0.01 μ W. Mediante cápsulas de aluminio se pesó aproximadamente 20mg de muestra (soluciones de almidón-agua 1:1), que fueron herméticamente selladas por una prensa, y luego ubicadas dentro del equipo junto con la referencia para su correspondiente lectura. El equipo se programó con las siguientes condiciones: Ti 30°C, Tf 160°C y tasa de calentamiento de 5°C/minutos. Los datos obtenidos se analizaron por medio del software DSC 500B Thermal Analysis Program.

CAPÍTULO 2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de variables

La respuesta que se utilizó para analizar el diseño experimental fue la relación entre los ácidos grasos oleico y palmítico (O/P) presentes en el aceite de freído y la materia grasa extraída de cada uno de los experimentos. A partir de esta relación se determinaron las variables con mayor influencia en el procesamiento de freído. Los resultados obtenidos se representan utilizando mediante diagramas de Pareto. Los factores A, B y C representan el tiempo de freído, tiempo de escaldado y reúso del aceite, respectivamente, con un nivel de confianza del 95%. También se utilizó el análisis de la varianza para analizar los resultados del diseño experimental como se muestra en la Tabla 5. Se observa que el factor parámetro C (reúso) es el de mayor significancia dentro del procesamiento de freído en chips de frippapa (valor-p = 0.015), seguido por las interacciones tiempo de freído-reúso (AC) (valor-p = 0.027). En la Figura 2, mediante el diagrama de Pareto, se logra identificar que el factor A (tiempo de freído) y las interacciones AB (tiempo de freído-tiempo de escaldado) no cruzan la línea de referencia (4.303) de manera que son considerados factores no significativos.

Tabla 5. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) del proceso de fritura de los chips de frippapa.

Fuente	GL	SC sec	SC ajust	MC ajust	F	P
Efectos principales	3	2.32612	2.32612	0.77537	29.69	0.033
tiempo-freído	1	0.15028	0.15028	0.15028	5.75	0.139
tiempo-escal	1	0.51624	0.51624	0.51624	19.77	0.047
reuso	1	1.65959	1.65959	1.65959	63.54	0.015
Interacciones de 2 factores	3	1.68523	1.68523	0.56174	21.51	0.045
tiempo-freído*tiempo-escal	1	0.11048	0.11048	0.11048	4.23	0.176
tiempo-freído*reuso	1	0.9362	0.9362	0.9362	35.84	0.027
tiempo-escal*reuso	1	0.63855	0.63855	0.63855	24.45	0.039
Interacciones de 3 factores	1	0.65	0.65	0.65	24.89	0.038
tiempo-freído*tiempo-escal*reuso	1	0.65	0.65	0.65	24.89	0.038
Curvatura	1	1.2764	1.2764	1.2764	48.87	0.02
Error residual	2	0.05224	0.05224	0.02612		
Error puro	2	0.05224	0.05224	0.02612		
Total	10	5.98997				

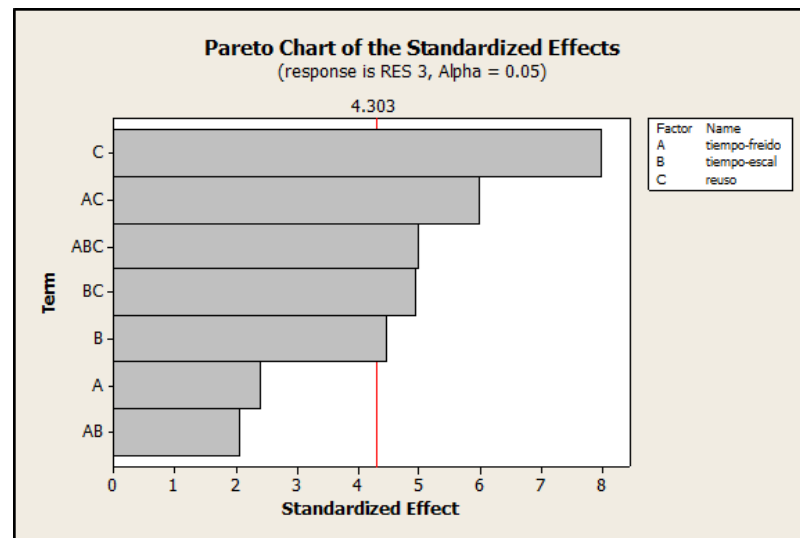


Figura 2. Diagrama de Pareto de los chips de frippapa y los efectos que inciden durante el freído.

En las Tablas 6 y 7 se puede observar los resultados obtenidos en análisis de la varianza para los experimentos en chips de papa china y camote, claramente se evidencia que ningún parámetro es representativo en las dos muestras, por lo que se establece que ninguna variable es influenciada en el proceso de freído (figura 3 y 4).

Tabla 6. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) del proceso de fritura de los chips de papa china.

Fuente	GL	SC		MS ajust	F	P
		SC sec	ajust			
Efectos principales	3	0.49834	0.49834	0.166112	0.31	0.822
tiempo-freído	1	0.27768	0.27768	0.277684	0.52	0.547
tiempo-escal	1	0.04874	0.04874	0.048738	0.09	0.792
reuso	1	0.17191	0.17191	0.171913	0.32	0.629
Interacciones de 2 factores	3	0.91627	0.91627	0.305423	0.57	0.688
tiempo-freído*tiempo-escal	1	0.01492	0.01492	0.01492	0.03	0.883
tiempo-freído*reuso	1	0.47147	0.47147	0.471471	0.88	0.448
tiempo-escal*reuso	1	0.42988	0.42988	0.429879	0.8	0.466
Interacciones de 3 factores	1	0.46684	0.46684	0.466837	0.87	0.45
tiempo-freído*tiempo-escal*reuso	1	0.46684	0.46684	0.466837	0.87	0.45
Curvatura	1	0.00959	0.00959	0.009594	0.02	0.906
Error residual	2	1.07746	1.07746	0.538732		
Error puro	2	1.07746	1.07746	0.538732		
Total	10	2.9685				

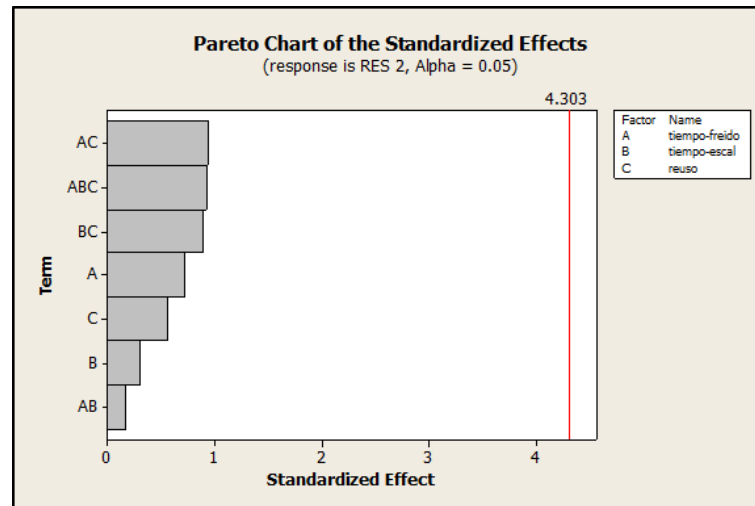


Figura 3. Diagrama de Pareto de los chips de papa china y los efectos que inciden durante el freído.

Tabla 7. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) del proceso de fritura de los chips de camote.

Fuente	GL	SC sec	SC ajust	MC ajust	F	P
Efectos principales	3	0.44719	0.44719	0.14906	0.14	0.928
tiempo-freido	1	0.04566	0.04566	0.04566	0.04	0.855
tiempo-escal	1	0.0012	0.0012	0.0012	0	0.976
reuso	1	0.40032	0.40032	0.40032	0.38	0.602
Interacciones de 2 factores	3	0.44555	0.44555	0.14852	0.14	0.928
tiempo-freido*tiempo-escal	1	0.27179	0.27179	0.27179	0.25	0.664
tiempo-freido*reuso	1	0.03477	0.03477	0.03477	0.03	0.873
tiempo-escal*reuso	1	0.13899	0.13899	0.13899	0.13	0.753
Interacciones de 3 factores	1	1.08598	1.08598	1.08598	1.02	0.419
tiempo-freido*tiempo-escal*reuso	1	1.08598	1.08598	1.08598	1.02	0.419
Curvatura	1	0.30472	0.30472	0.30472	0.29	0.646
Error residual	2	2.13239	2.13239	1.0662		
Error puro	2	2.13239	2.13239	1.0662		
Total	10	4.41582				

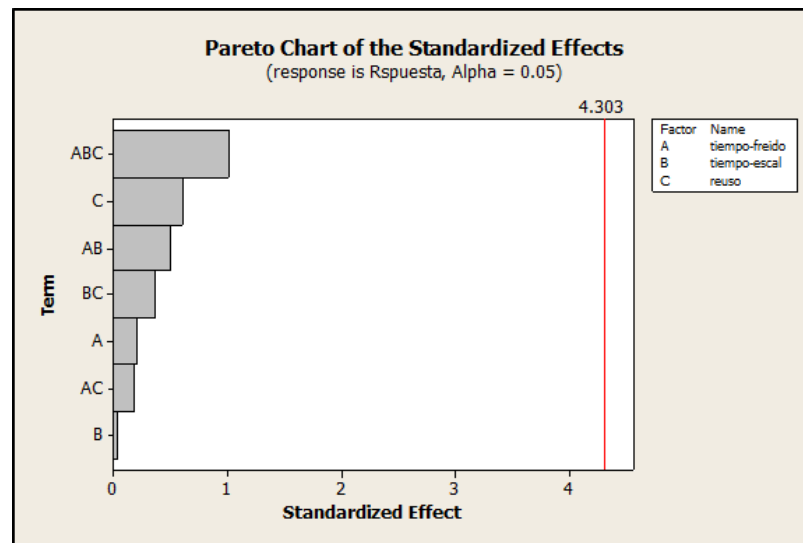


Figura 4. Diagrama de Pareto de los chips de camote y los efectos que inciden durante el freído.

De acuerdo a la bibliografía, durante el freído existe una serie de parámetros que pueden afectar la composición del aceite e incrementar su deterioro, sin embargo, con los resultados obtenidos en este estudio se establece al reuso del aceite como la variable con mayor influencia en el freído en los chips de frippapa, mientras que en los chips de camote y papa china no presenta significancia. Según estudios (Juárez, 2007), durante la fritura los aceites se usan repetidamente en presencia de oxígeno causando la conversión parcial del aceite en derivados oxidados, polímeros y otros compuestos; por lo tanto se modifican las propiedades del medio de transferencia de calor, pudiendo afectar la calidad de los productos fritos, de manera que al sumergir en este ambiente un tubérculo con alto contenido de humedad (frippapa), la hidrólisis ocurrirá por la reacción del agua con el aceite, rompiendo ácidos grasos y liberando ésteres, los que producen una oxidación de las sustancias presentes y por lo tanto, que el deterioro del aceite sea más rápido. Por otro lado, al emplear materia prima con menor contenido de humedad, como fue el caso de la papa china y el camote, las reacciones que se realizaron al contacto con el aceite caliente no fueron significativas como para hacer que predomine alguna de estas variables.

Bromatología

El contenido nutricional de cada tubérculo después del proceso de freído se puede observar en la Tabla 8. Aquí se establece claramente una disminución de humedad en los chips, obteniendo como consecuencia una mayor absorción de grasa. Los valores de humedad corresponden a 3.15, 2.65 y 0.91% en fripapa, papa china y camote, sin embargo, en el contenido de grasa se encontraron valores de 21.3, 19.70 y 18.52%.

Tabla 8. Datos bromatológicos en chips de fripapa, papa china y camote después del proceso de freído.

Componentes (%)	Fripapa Chips	Papa China Chips	Camote Chips
Humedad	3.15	2.65	0.91
Grasa	21.3	19.7	18.52
*Proteína	5.5	4.69	4.3
*Ceniza	4.2	2.28	2.9
*Fibra	1.4	2.39	1.7

*(Bejarano, et al., 2002; Romero, et al., 2019).

Esto puede ser debido a que en los tubérculos fritos el agua presente contribuye a la gelatinización superficial del almidón formando una barrera protectora contra la entrada del aceite de fritura; por lo tanto, con un menor contenido de humedad se da un menor grado de gelatinización superficial, aumentando así la absorción. De acuerdo a estudios realizados en papas escaldadas, se identificó que la pérdida de agua en estas es debido a una ruptura de la membrana ocasionando superficies muy porosas, ya que durante la etapa de escaldado existe una tendencia a la separación de las células producto del debilitamiento de las láminas medias permaneciendo más expuestas y permeables al aceite, se identificó también que en las papas escaldadas se da una mayor absorción de grasa que en papas sin escaldar, esto debido a una liberación de parte del almidón contenido al agua de escaldado, logrando una mayor entrada del aceite a través de ellos (Guzman, Acevedo, & Granados, 2012)

Perfil Lipídico

Las composiciones lipídicas de los diferentes chips se indican en la Tabla 9, en donde se puede apreciar un menor contenido de ácidos grasos saturados con un promedio de 25.95, 24.09 y 25.25% en fripapa, papa china y camote, respectivamente, a diferencia del contenido de ácidos grasos insaturados con 74.05, 75.91 y 74.75% para los tres tubérculos.

Tabla 9. Perfil de ácidos grasos presentes en los chips de fripapa, papa china y camote morado.

% DE ÁCIDOS GRASOS EN CHIPS						
Exp	Fripapa		Papa China		Camote Morado	
	Saturados	Insaturados	Saturados	Insaturados	Saturados	Insaturados
1	23.64	76.36	24.42	75.58	26.5	73.5
2	16.69	83.31	22.84	77.16	29.2	70.8
3	25.24	74.76	23.9	76.1	27.44	72.56
4	24.3	75.7	18.52	81.48	24.8	75.2
5	24.95	75.05	25.5	74.5	27.66	72.34
6	30.65	69.35	23.75	76.25	19.98	80.02
7	26.81	73.19	25.17	74.83	22.56	77.44
8	27.36	72.64	27.21	72.79	27.7	72.3
9	28.35	71.65	20.59	79.41	18.15	81.85
10	27.42	72.58	23.58	76.42	26.88	73.12
11	30.02	69.98	29.46	70.54	26.88	73.12
Promedio	25.95	74.05	24.09	75.91	25.25	74.75

Después del freído, los chips presentaron una mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados (oleico) a diferencia de los ácidos grasos saturados (palmítico), según estudios (Gómez, 2014), estos valores corresponden únicamente a los alimentos fritos en aceite de soya. Los aceites con mayor cantidad de ácidos grasos insaturados son mucho más adecuados para el proceso de fritura desde el punto de vista nutricional, sin embargo, pueden presentar desventajas por su inestabilidad, ya que a mayor grado de insaturación son menos estables al efecto de la temperatura. De acuerdo a un estudio realizado para identificar los cambios químicos en los aceites después del proceso de freído de papas, se demostró que aquellas muestras a las cuales se aplicaron temperaturas superiores a 180°C en tiempos variables de aproximadamente 60 minutos, se observaron serios deterioros en la composición química de los aceites insaturados, formándose productos de oxidación potencialmente tóxicos; esto explicaría el alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados en los chips estudiados al trabajar con una temperatura no mayor a 175°C pero con tiempos de fritura entre 1 y 2 minutos, aproximadamente (Esquivel et al., 2014).

Los resultados obtenidos concuerdan con otras investigaciones realizadas (Contreras, 2017), en donde se comparó tres marcas comerciales de snacks de papas con contenido en promedio de ácidos grasos insaturados del 66.11% y saturados del 34.24%, atribuyendo los resultados al aceite vegetal utilizado para la fritura.

Entalpía y temperatura de gelatinización

En la Tabla 10 se reporta el rango de temperaturas de gelatinización de las muestras obtenidas mediante DSC, y su entalpía hallada por medio del área bajo la curva en cada pico endotérmico. La temperatura para la fripapa comienza a partir de 91°C y termina en 121°C con una entalpía de 41J/g. En cuanto al camote su temperatura de gelatinización varía de 81 a 112°C y en la papa china se obtiene un rango que va desde 54 a 88°C con entalpías 18.67J/g y 10.58J/g.

Tabla 10. Temperatura (°C) y entalpía (ΔH) de gelatinización de los almidones de camote, fripapa y papa china.

Almidones	Ti(°C)	Tp(°C)	Tf(°C)	$\Delta H(J/g)$
Camote	91.3	113.32	121.4	41.69
Fripapa	81.8	102.4	112.1	18.67
*Papa China	54.36	74.33	88.21	10.58

*(Espinoza, 2019)

Se presenta una temperatura inicial (Ti) identificando el inicio del hinchamiento del gránulo debido a la entrada de agua en las estructuras amorfas, que luego, en la temperatura pico (Tp), va perdiendo birrefringencia volviéndose el hinchamiento irreversible, el proceso termina cuando en la temperatura final (Tf) la amilopectina pierde su estructura y la amilosa se difunde hacia el agua formando un gel (A. R. Rivera & Rodríguez, 2010).

Las temperaturas y entalpías obtenidas en los almidones de camote y fripapa fueron realizados con soluciones de almidón y agua en una proporción 1:1, a diferencia del almidón de papa china en donde se utilizó una proporción 1:2.

De acuerdo a los resultados, los gránulos de almidón de fripapa y camote resisten al hinchamiento a temperaturas menores a 80 y 90°C, respectivamente, lo que hace factible su inclusión en productos sometidos a elevados procesos térmicos, a diferencia del almidón de papa china que con una temperatura de 54.36°C puede ser empleado en productos como natillas, pudines u otros que no requieran altas temperaturas.

Según estudios realizados en almidones de papa y camote se pueden observar menores temperaturas de gelatinización, con un amplio rango de variación que va desde los 55.2 hasta los 68.2°C en el caso del camote, y en la papa desde los 60 hasta los 80°C, discrepando con los datos obtenidos en esta investigación (Hernández, 2008), sin embargo, se ha demostrado mediante análisis en DSC que el rango de temperaturas y entalpías pueden variar de acuerdo

al contenido de humedad de la muestra. En almidones con un limitado porcentaje de humedad, el hinchamiento inicia primero en los gránulos de menor tamaño reduciendo la disponibilidad de agua para los gránulos de mayor tamaño, retardando la finalización del proceso. En cuanto a las variaciones en las entalpías de gelatinización, se sabe que disminuyen al aumentar la humedad de la muestra, sin embargo, también dependen de la rapidez de calentamiento. En almidones nativos se han reportado rangos entre 5-20J/g, por esta razón en las muestras de friepapa (almidón modificado) se puede apreciar una entalpía mayor (A. R. Rivera & Rodríguez, 2010).

CONCLUSIONES

Conclusiones

En el presente estudio se ha demostrado mediante la aplicación del diseño experimental 2³ que la papa china, fripapa y camote morado, pueden ser utilizados para diversos procesos alimentarios, tomando en cuenta solamente ciertos parámetros que pueden afectar su composición al momento de aplicar algún proceso. Se ha considerado al reuso del aceite como el principal factor con mayor influencia en el freído en el caso de las chips de fripapa, seguido por las interacciones tiempo de freído-reuso, estableciendo que a mayor reuso del aceite la cantidad de ácidos grasos insaturados presentes en las muestras serán menores. Por otro lado, se determinó que en los chips la absorción de grasa siempre será mayor debido a la forma del alimento como tal, además del pre tratamiento aplicado (escaldado), que ocasionó una superficie mucho más porosa permitiendo una deshidratación significativa, de manera que una vez que estuvieron en contacto con el aceite caliente la absorción se dio en mayor cantidad.

El contenido de humedad también jugó un papel importante en el proceso ya que se observó que aquellos tubérculos con mayor humedad podrían aumentar la velocidad de deterioro del aceite debido a las reacciones dadas en el proceso de fritura.

En cuanto a las temperaturas de gelatinización, los tubérculos de camote y fripapa pueden ser utilizados en procesos tecnológicos con temperaturas elevadas (por ejemplo en productos enlatados) a diferencia de la papa china que, con un rango menor, se encuentra apta para ser aplicada en productos como pudines, natillas, dulces gomosos, etc.

Recomendaciones

Durante el estudio se establecieron temperaturas de freído de acuerdo a información obtenida bibliográficamente, además de pruebas que se hicieron en cada tipo de tubérculo, sin embargo, según los resultados obtenidos se demostró que al aplicar bajas temperaturas de freído no se altera significativamente el contenido de ácidos grasos insaturados presentes en el aceite, por otro lado se debe tomar en cuenta que el tipo de aceite también es importante a la hora de la cocción de los alimentos, se recomienda utilizar aceites con un mayor contenido de ácidos grasos mono y poliinsaturados, controlando siempre las temperaturas y el tiempo de freído, ya que se ha comprobado que a menores temperaturas se da una mayor absorción de aceite en el alimento.

Para la identificación de entalpías y temperaturas de gelatinización en almidones es recomendable utilizar muestras con mayor contenido de humedad, ya que van a permitir obtener rangos mucho más específicos, y con información más apegada a la consultada bibliográficamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, J. M., & Stanley, D. W. (1992). *Microstructural Principles of Food Processing & Engineering*. Barking, England: Elsevier Ltd.
- Andrade, H., Lara, N., Sola, M., y Morales, R. (1995). *Fripapa 99: Variedad Semitardia, con Aptitud para Procesamiento en Forma de Hojuelas (chips)*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Papa. (Plegable no. 153).
- Astudillo, G. (2018). *Evaluación del Deterioro del Aceite Vegetal en la Preparación de Papas Fritas* (Tesis de Maestría). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Badui, S. (2006). Lípidos. En S. Badui, y E. Quintanar (Eds). *Química de los Alimentos* (4^{ta} ed.).pp. 245-295. México:Pearson Educación.
- Esquivel Ramírez, A., Castañeda Ovando, A., & Ramírez Godínez, J. (2014). *Cambios Químicos de los Aceites Comestibles Durante el Proceso de Fritura. Riesgos en la Salud*. Padi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI, 2(3).
- Bejarano, E., Bravo, M., Huamán, M., Huapaya, C., Roca, A., & Rojas, E. (2002). *Tabla de Composición de Alimentos Industrializados*. Lima: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.
- Cabezas, C., Hernández, B., Vargas, M.,(2016). Aceites y Grasas : Efectos en la Salud y Regulación Mundial. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(4), 761–768.
- Coello, V., & Garcés, C. (2012). *Análisis de Propiedades Térmicas durante Gelatinización en Tres Variedades de Arroz INIAP Aplicando el Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC)* (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Ecuador.
- Desnuelle, P., Cheftel, J., Cheftel, H.,(1988). *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*. Zaragoza, España: Acribia S.A.
- Espinoza, G. (2019). *Comportamiento Térmico de la Colocasia Esculenta (Papa China)* (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Flammersheim, H., Hemminger, W., & Höhne, G. (2003). *Theoretical Fundamentals of Differential Scanning Calorimeters*. In H. Flammersheim, W. Hemminger, & G. Höhne (Eds.). *Differential Scanning Calorimetry* (2nd ed.). pp.31-63. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Fuentes, X. (2006). *Tubérculos*. En M. Moraes, B. Ollgaard, P. Kevst, F. Borchsenius & H. Balslev (Eds.). *Botánica Económica de Los Andes Centrales*. pp. 347–369. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Gómez, B., Martínez, J.,& Cardona, L. (2014). Composición de Ácidos grasos en Algunos Alimentos Fritos y Aceites de Fritura y Factores Relacionados en un Sector Universitario de Medellin-Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(2), 159-174.
- Gómez, G. (2018). *Determinación del Perfil Lipídico de Chips, Bastones y Patacones Fritos de Plátano Verde mediante el Empleo de Cromatografía de Gases y Espectrofotometría*

- Infrarrojo FTIR*, (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Guerrero, X. (2018). *Caracterización de Ácidos Grasos en Plátano Maduro Frito*. (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Guzman, L., Acevedo, D., & Granados, C. (2012). Efecto Del Escaldado, Deshidratación Osmótica Y Recubrimiento En La Perdida De Humedad Y Ganancia De Aceite En Trozos De Papa Criolla Fritas. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 10(2), 170–177.
- Hajslova, J., & Cajka, T. (2008). Gas Chromatography In Food Analysis. In S. Ötles (ed.). *Handbook of Food Analysis Instruments*. pp. 119-142. Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización Fisicoquímica de Almidones de Tubérculos Cultivados en Yucatán. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 28(3), 718–726.
- Herrera, K. (2015). *Elaboración de Rodajas de Camote (Ipomoea Batatas) Aplicando Fritura al Vacío*, (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Illanes, C., (2014). *Efecto de la Lixiviación de Azúcares Reductores sobre la Formación de Furano en Papas Fritas* (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Mascotrola, N., Pino, G., Mera, X., Rojano, P., Haro, F., Rivadeneira, J., Monteros, J., Cuesta, H. (2016). Catálogo de variedades de papa del Ecuador. Quito, Ecuador: FAO/INIAP. (Publicación Miscelánea no. 427).
- Juárez, M. D. (2007). El Deterioro de los Aceites Durante la Fritura. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 13(2), 82–94.
- Linares, E., Bye, R., Ramirez, R., D., & Pereda, R. (2008). El Camote. CONABIO. *Biodiversitas*, 81, 11–15.
- Lucas, J., Quintero, V., Vasco, J., & Cuella, L. (2011). Evaluación De Los Parámetros De Calidad Durante La Fritura De Rebanadas De Papa Criolla. *Scientia et Technica Año XVI*, 1(48), 299–304.
- Macas, P. (2010). *Estudio del Camote, Usos, Aplicaciones y Propuesta Gastronómica*, (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Melian, D. (2010). *Ensayo Comparativo de Dos Metodologías de Extracción de Almidón de Papa usando Muestras de Diez Variedades Nativas de Chiloé y Dos Variedades Comerciales*, (Tesis de Pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Moreda, W., & Pérez, C. (2000). Methods of Preparation of Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Statistical Assessment of the Precision Characteristics from a Collaborative Trial. *International Journal of Fats and Oils*, 51(6). 447-456.
- Califano, A. (1981). *Transferencia de Calor y Materia Durante el Escaldado de Papas*, (Disertación Doctoral). Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Powers, J. R., Cavalieri, R. P., & Reyes De Corcuera, J. I. (2004). Blanching of Foods. In D. Heldman & C. Moraru (Eds.), *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological*

- Enrineering* (2nd. Ed.).Vol. 1, pp. 203-207 New York: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Renee, A., Linaloe, A., & Ramos, M. (2018). Propiedades Nutrimientales del Camote (Ipomoea Batatas L.) y sus Beneficios en la Salud Humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Post Cosecha*, 19 (2). 132-146.
- Restrepo, D. (2018). *Caracterización De Ácidos Grasos y Ácidos Grasos Trans En Mashua (Tropaeolum Tuberosum) Frita*, (Tesis de Pregrado) . Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Rivera, A. R., & Rodríguez, M. E. (2010). Papel del Agua en la Gelatinización del Almidón de Maíz : Estudio por Calorimetría Diferencial de Barrido. *Revista Académica de Ingeniería y Ciencia*, 6(11). 129–141.
- Rivera, D. (2008). Caracterización De Aceites Esenciales Por Cromatografía De Gases De Tres Especies Del Género Piper Y Evaluación De La Actividad Citotóxica, (Tesis de Pre grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Robles, E., Artalejo, E., Valenzuela, S., & Ballesteros, M.(2012). Ácidos Grasos Trans : Un Análisis Del Efecto De Su Consumo En La Salud Humana , Regulación Del Contenido En Alimentos Y Alternativas Para Disminuirlos. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 54–64.
- Romero, A., Herrera, B., Moposita, D., Palacios, D., Nuñez, D., Ramón, R., ... Bayas, F. (2019). Compositional Analysis Of Malanga(Xanthosoma Sagittifolium), Chinese Potato (Colocasia Esculenta), And Potato (Solanum Tuberosum)For The Utilization In The Snack's Elaboration By Conventional Fried. *Revista Bionatura* 4(4). 983-985.
- Schomburg, G. (1990). Gas Chromatography,(1st ed.) German: Wiley- VCH.
- Suaterna, A. (2009). La Fritura De Los Alimentos: El Aceite De Fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana* 11(1), 38–53.
- Tonato, J. (2015). *Identificación de las Prioridades de Fertilización en Papa (Solanum TuberosumL.), Variedad Superchola, en Tres Localidades de Chimborazo*, (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Torres, C. (2010). *Evaluación del Efecto de la Aplicación de Abonos Orgánicos en la Productividad de Papa (Solanum Tuberosum L.) Variedad INIAP-FRIPAPA, en las Localidades de Samana-Cotopaxi y San Jorge-Tungurahua*, (Tesis de Pregrado). Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador.
- Valdez, M. I. (2017). *Determinación de Ácidos Grasos Trans en Papas Fritas Industriales y de Expendio Ambulatorio Mediante Espectrometría Infrarroja FTIR*, (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.