



Facultad de Ciencia y Tecnología

Ingeniería en Alimentos

Determinación del perfil lipídico de chips, bastones y patacones fritos de plátano verde mediante el empleo de cromatografía de gases y espectrofotometría infrarrojo FTIR.

Ingeniera en Alimentos

Gabriela Gómez Galán

Andrés Pérez González

Cuenca, Ecuador, 2018

Dedicatoria

A mis padres y a mis abuelitos que se encuentran en el cielo, quienes con su inmenso amor y sacrificio, han dado todo por mí para llegar a ser lo que soy, y tener la oportunidad de trascender en la vida como persona y como profesional.

A mi tía, a mi hermano y a todos aquellos que de una u otra manera me dieron la fortaleza de seguir el camino sin desmayar y ver cumplido el primero de muchos de mis objetivos.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay, en especial a la escuela de ingeniería en alimentos, a mis profesores que con su ayuda supieron transmitir sus conocimientos muy valiosos a lo largo de mi formación profesional. Al Ing. Andrés Pérez.

Mi reconocimiento a mis padres y a mi familia, quienes que con su apoyo y su paciencia supieron apoyarme en todo momento en el transcurso de mi carrera, puesto que no ha sido tan fácil o sencillo si no existe la perseverancia y constancia suficiente.

En especial agradezco a mi abuelito que se encuentra en el cielo que siempre quiso verme de la mejor manera, ahora sé que me cuida y me protege todos los días y me da la fuerza para seguir manteniéndome constante en esta lucha que se llama vida.

ÍNDICE

Resumen	vii
Abstract.....	viii
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS	13
Estandarización de la materia prima en sus distintas formas (patacón, chips y bastón). 	13
Diseño experimental	13
Freído.....	14
Extracción de la grasa	15
Análisis bromatológicos.....	17
CAPÍTULO 2: RESULTADOS.....	18
CAPÍTULO 3: DISCUSIÓN.....	22
CONCLUSIÓN	24
RECOMENDACIÓN	25
BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXOS:	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura cis y trans de los dobles enlaces.....	12
Figura 2. Esquema y la forma de la mandolina graduable que fue utilizada.	13
Figura 3. Esquema del freidor utilizado y sus partes.	15
Figura 4. Extractor de grasa por solventes serie Velp Ser 148.	15
Figura 5. Cromatograma de patrones para ácidos grasos utilizado.	16
Figura 6. Cromatograma.	17
Figura 7. Espectro FTIR (Fourier Transform Infrared) de grasa del plátano verde frito en éter de petróleo.	17
Figura 8. Análisis de Pareto de los efectos que inciden en la generación de ácidos grasos trans durante el proceso de fritura en el bastón.	19
Figura 9. Análisis de Pareto de los efectos que inciden en la generación de ácidos grasos trans durante el proceso de fritura en los chips.	19
Figura 10. Análisis de Pareto de los efectos que inciden en la generación de ácidos grasos trans durante el proceso de fritura en el patacón.	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química y bioquímica del banano y el plátano en sus diferentes estados fisiológicos, y transformaciones, por 100 g de peso neto.	9
Tabla 2. Composición de ácidos grasos en los aceites comunes para fritura.	11
Tabla 3. Esquema del diseño experimental factorial 2^3	14
Tabla 4. Condiciones aplicadas para cada forma del plátano verde frito en el diseño experimental.	14
Tabla 5. Análisis bromatológicos del plátano verde crudo*.	18
Tabla 6. Análisis bromatológicos del plátano verde frito en sus distintas formas*.	20
Tabla 7. Perfil lipídico de los ceros de cada una de las formas del plátano verde frito.	20
Tabla 8. Tabla nutricional de Chips de plátano verde.	21
Tabla 9. Tabla nutricional de patacones de plátano verde.	21
Tabla 10. Tabla nutricional de bastones de plátano verde.	22
Tabla 11. Comparación de los análisis bromatológicos del plátano verde crudo y del plátano maduro crudo*.	23
Tabla 12. Comparación de los análisis bromatológicos del plátano verde y del plátano después del proceso de fritura*.	23

Resumen

En el siguiente trabajo de investigación se estudió los diferentes efectos que inciden en la generación o disminución de ácidos grasos saturados, insaturados o grasas trans en el proceso de fritura. Se aplicó un diseño experimental de 2^3 para las formas de patacón, chips y bastón del plátano verde, las cuales se sometieron a un proceso de fritura en condiciones óptimas de 170°C con un aceite de tercer reuso. Finalmente se pudo determinar que la variable de mayor incidencia en la generación de ácidos grasos trans fue el reuso del aceite para freír. En lo referente al perfil lipídico de cada uno de los experimentos, se determinó que los factores del proceso de fritura no tienen significancia alguna en la generación o disminución de los diferentes ácidos grasos, sin embargo, los ácidos grasos insaturados son los que están presentes en mayor concentración. Los resultados obtenidos, indican cuales son los factores que se deben controlar en el proceso de fritura con respecto a la generación y absorción de ácidos grasos trans.

Palabras claves: Plátano verde. Fritura. Ácidos grasos trans. Metilación. Diseño experimental.

Abstract

The following research work studied the different effects that affected the generation or reduction of saturated fatty acids, unsaturated fats or trans fats in the frying process. An experimental 2^3 design was applied for the fried form of patacón, chip and cane of green banana. These were subjected to a frying process under optimum conditions of 170°C with a third reuse oil. It was determined that the variable with the highest incidence in the generation of trans fatty acids was the reuse of oil for frying. The factors of the frying process had no significance in the generation or decrease of the different fatty acids with respect to the lipid profile of each experiment. The unsaturated fatty acids were present in higher concentration. The obtained results indicated the factors that must be controlled in the frying process in relation to the generation and absorption of trans fatty acids.

Keywords: Green banana. Frying. Trans fatty acids. Methylation. Experimental design.



Translated by
Ing. Paul Arpi

Gabriela Alexandra Gómez Galán

Trabajo de graduación

Bolívar Andrés Pérez González

Julio, 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.

INTRODUCCIÓN

El plátano verde cuyo nombre científico es *Musa paradisiaca*, es una fruta tropical, pertenece al género *Musa*, el mismo incluye alrededor de cuarenta especies diferentes (BVLNES, 1943). El Ecuador es uno de los principales países que exportan plátano verde a Estados Unidos y Europa. El plátano, tiene tres variedades: maqueño, dominico y barraganete. Esta última variedad es la que más se cosecha en nuestro país, ya que es la variedad que más se consume y la que se exporta (Ganadería).

El plátano tiene un considerable valor nutricional y son conocidos por su alto contenido en carbohidratos, potasio y fósforo (Rizo). El potasio se encuentra en gran cantidad en este alimento, es un mineral importante para controlar el equilibrio electrolítico del cuerpo, también es esencial para la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y el buen funcionamiento del corazón y los riñones (Casallas).

En la siguiente tabla se observará el contenido de los nutrientes que están presentes en el plátano en sus diferentes estados (tabla1), la misma que fue usada para la comparación de los datos obtenidos en laboratorio.

Tabla 1. Composición química y bioquímica del banano y el plátano en sus diferentes estados fisiológicos, y transformaciones, por 100 g de peso neto.

Componentes	Unidad	Plátano inmaduro	Plátano maduro
Energía	Kcal	91	122
Agua	G	63	65
Proteína	G	0.8	1.3
Lípidos totales	G	0.1	0.37
Carbohidratos	G	24.3	32
Fibra dietaría	G	5.41	2.0 – 3.4

Na	Mg		4.0
K	mg		500
Ca	mg	7	3.0
Mg	mg	33	35.0
P	mg	35	30
Fe	mg	0.5	0.6
Cu	mg	0.16	
Zn	mg	0.1	
Mn	mg	15	
Eq.Betacaroteno		0.03 – 1.20	390 -1035
Vitamina E	mg		
Vitamina C	mg	20	20

Fuente:(Malaver, 2010).

El plátano verde forma parte de la canasta básica de muchos países y las formas de consumir varían ampliamente entre países, de acuerdo a los hábitos alimenticios (Rizo). En ciertos países de Latinoamérica como el Ecuador se prepara al plátano verde en formas diferentes de patacones, bastones y chips, los cuales son fritos para su consumo (Ganadería)

La mayoría de los alimentos para ser ingeridos son sometidos a distintos procesos culinarios o industriales, con el afán de mejorar los sabores de los mismos o para ser conservados. Sin embargo, sabemos que durante estos procesos se va a generar distintos cambios, en el aceite: cambios físicos y químicos, y en el alimento cambios físicos, químicos, sensoriales e incluso nutricionales (Varela). Como consecuencia de la interacción entre el aceite, el agua y otros componentes del alimento, el aceite utilizado determina la calidad del alimento, así como las condiciones del proceso y la composición del producto (Morales y Cameán)

Durante la fritura ocurren dos procesos simultáneos, uno de transferencia de masa y otro de transferencia de calor, como consecuencia de esto se producen cambios microestructurales y fisicoquímicos en el alimento. Por lo tanto el mismo sufre una deshidratación en dicho proceso (Moya, 2011).

En este proceso, el aceite se utiliza como medio de cocción produciendo un calentamiento uniforme y rápido del alimento. Por lo que se busca ciertas características particulares para que nos brinde una estabilidad y calidad sensorial en el aceite, las cuales las podemos encontrar en

los aceites poliinsaturados. Los aceites para la fritura deben ser frescos y estar sujetos a criterios de calidad (Lercker y Carrasco).

Hoy en día existe una gran variedad de aceites que se usan para freír a los alimentos, entre los que más se utilizan están los aceites de palma, soya, canola, oliva, maíz y girasol. En estado fresco cada uno de los aceites presenta diferentes composiciones de ácidos grasos, como se observa en la tabla 2 (Suaterna).

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

Tipo de aceite	Ácidos grasos (g/100g aceite)			
	Saturados	Monoisaturados	Poliinsaturados	Trans
Palma	49.300	37.000	9.300	SRD
Soya	15.650	22.783	57.740	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

Fuente: (Suaterna)

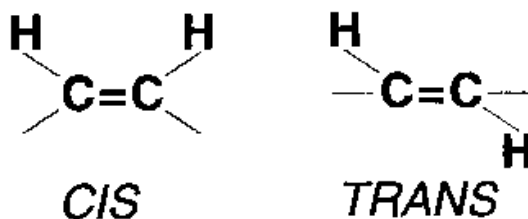
Los aceites están constituidos principalmente por triglicéridos, los que a su vez son ésteres de ácidos grasos con glicerol, por consiguiente, dichos ácidos representan un gran porcentaje de la composición de los triacilglicéridos y en consecuencia de los aceites. Estos ácidos se definieron como ácidos monocarboxílicos, que podían ser saturados o insaturados (Badui).

Los primeros están formados por una cadena de átomos de carbono completamente hidrogenada, esta puede tener de 4 a 26 átomos de carbono unidos por enlaces simples. Los Ácidos grasos insaturados están formados por una cadena larga de átomos de carbono e hidrógeno unidos mediante enlaces dobles o triples, razón por la cual se los denomina insaturados (Badui). Los ácidos grasos más importantes que están presentes en los aceites son: el palmítico (AGS), oleico (AGI), linoléico (AGI) y linolénico (AGI).

Las grasas son susceptibles a sufrir cambios durante el calentamiento, principalmente las poliinsaturadas. Entre los compuestos generados por la termodegradación de las grasas están los ácidos grasos trans (Badui). De todas las grasas, la grasa trans es la peor para su salud. Al

consumir demasiada grasa trans en su alimentación incrementa su riesgo de padecer cardiopatías y otros padecimientos de salud (FAO)

Los ácidos grasos trans que normalmente se encuentran en los aceites y grasas en la forma cis; la mayoría de los ácidos grasos se forman mediante el proceso de hidrogenación de aceites insaturados y por un calentamiento excesivo, aunque también se puede encontrar en forma natural en algunos alimentos como en la leche, carne de cordero y carne de ternero (Aranceta, Foz y Moreno) .



Fuente: (FAO)

Figura 1. Estructura cis y trans de los dobles enlaces.

La fritura de los alimentos, aparentemente es un proceso simple, pero en realidad es un proceso muy complejo en el que participan distintas reacciones (Badui). A medida que la temperatura incrementa, los procesos químicos y enzimáticos se aceleran, consiguiendo una grasa o un aceite al calentarse se degrada con mayor facilidad, sobre todo si el medio en donde se produce el proceso existen varios agentes que potencializan las reacciones de alteración actuando como catalizadores (Suaterna).

Los principales cambios y alteraciones químicas que los aceites calentados pueden sufrir son: la hidrólisis, la oxidación y la polimerización (Quintero, Vasco y Liceth). Todas estas alteraciones químicas conllevan cambios físicos en el aceite de fritura: oscurecimiento, aumento de la viscosidad, de la conductividad y formación de espuma, producción de atributos sensorialmente desagradables y disminución del punto de humo (Rodríguez, Zuluaga y Puerta).

Además de las modificaciones en el estado físico y las características organolépticas del aceite de fritura y del alimento, por lo que se ha identificado que el proceso de fritura produce pérdidas de los nutrientes del alimento y también generan cierto tipo de compuestos tóxicos (Badui). Por lo que un consumo elevado de compuestos tóxicos producidos durante el freído de los alimentos puede causar efectos sobre la salud tales como: irritación intestinal, incremento en el tamaño de algunos órganos, aterosclerosis, retardo en el crecimiento de niños y algunos tipos de cáncer (Varela).

Es así que una de las formas de consumo más típicas del plátano verde en nuestro país son: el patacón, el bastón y los chips, los mismos que son sometidos a un proceso de fritura. En este proceso, se generan algunos tipos de reacciones y compuestos es por eso que surge la siguiente interrogante: ¿Qué tipos de ácidos grasos se transfieren al alimento después de haber sido sometido a un proceso de fritura? Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de titulación es determinar el perfil lipídico de chips, bastones y patacones fritos de plátano verde.

CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS

Estandarización de la materia prima en sus distintas formas (patacón, chips y bastón).

Para la estandarización del patacón se procedió a realizar cortes de 1cm de ancho del plátano verde, siendo medido con un pie de rey. Consecutivamente se llevó a cabo la cocción en agua por un periodo de 30 minutos, inmediatamente se procede a utilizar la pataconera para obtener la forma tradicional. En los chips se utilizó una mandolina graduable de la marca comercial Tupperware, con el que obtuvo rodajas de plátano verde de 2 milímetros de espesor. Y para los bastones se ha realizado un cubo con las medidas de 1 cm de ancho, 1cm de profundidad y 3 cm de largo, los mismos que fueron medidos con el pie de rey.

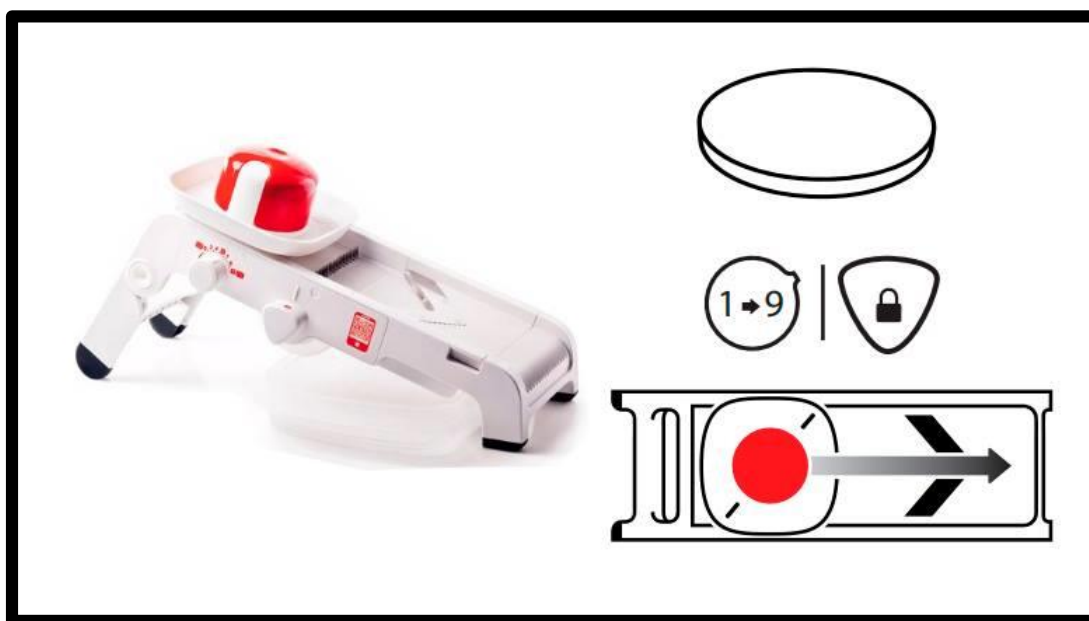


Figura 2. Esquema y la forma de la mandolina graduable que fue utilizada.

Diseño experimental

Para la observación de la influencia de los factores de freído, se realizó un diseño factorial 2^3 en donde las variables de análisis son: tiempo, temperatura y reuso del aceite de fritura. En la tabla 3 se encuentra el diseño experimental que se aplicó. La tabla 4 están las condiciones en las que se trabajaron cada una de las formas (patacón, bastón y chips respectivamente).

Tabla 3.Esquema del diseño experimental factorial 2³.

Diseño experimental			
	Tiempo	Temperatura	Reuso
Exp1	-1	-1	-1
Exp2	+1	-1	-1
Exp3	-1	+1	-1
Exp4	+1	+1	-1
Exp5	-1	-1	+1
Exp6	+1	-1	+1
Exp7	-1	+1	+1
Exp8	+1	+1	+1
Cero1	0	0	0
Cero2	0	0	0

Tabla 4. Condiciones aplicadas para cada forma del plátano verde frito en el diseño experimental.

Forma del verde frito	PATACÓN			CHIPS			BASTÓN		
Variables	>	Temp**	Reuso	Tiempo*	Temp**	Reuso	Tiempo*	Temp**	Reuso
Mínimo(-1)	2	165	1	3	165	1	12	165	1
Óptimo(0)	3	170	3	3,5	170	3	15	170	3
Máximo(+1)	4	175	5	4	175	5	18	175	5
* Tiempo expresado en minutos									
** Temp: Temperatura, expresada en °C									

Freído

El proceso de freído por inmersión radica fundamentalmente en sumergir completamente el alimento en el aceite, el mismo que oscila entre temperaturas de 165°C a 175 °C. El proceso se efectuó en un equipo de fritura realizado por los autores, el cual consta de una doble camisa y esta rellena con fibra de corindón que se emplea para que no exista una gran pérdida de temperatura, también consta de un controlador de temperatura y de un agitador para que la

transferencia de calor en el sistema sea más uniforme. Se utilizará un aceite comercial de palma y soya “El cocinero”. .

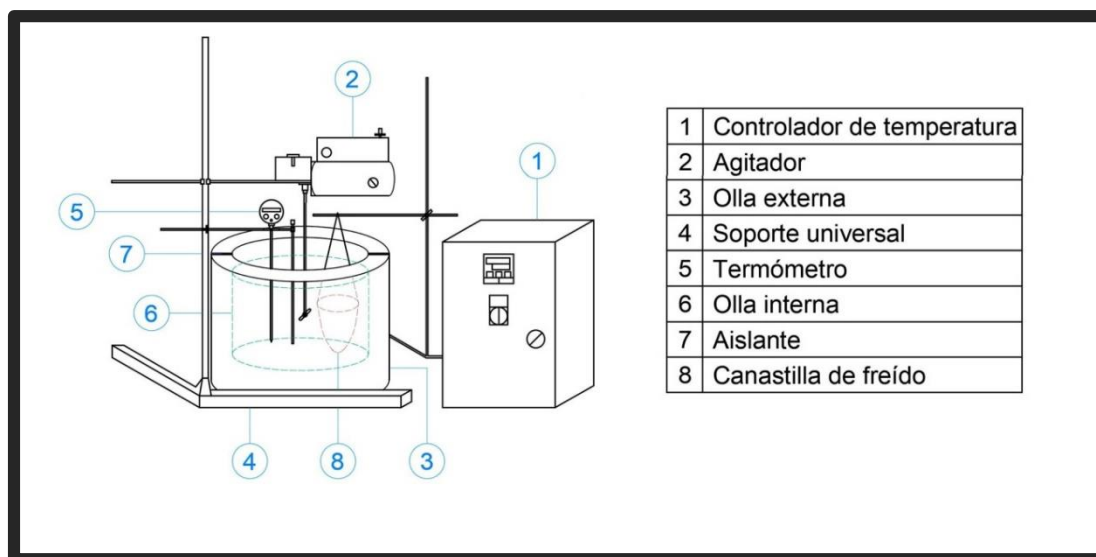


Figura 3.Esquema del freidor utilizado y sus partes.

Extracción de la grasa

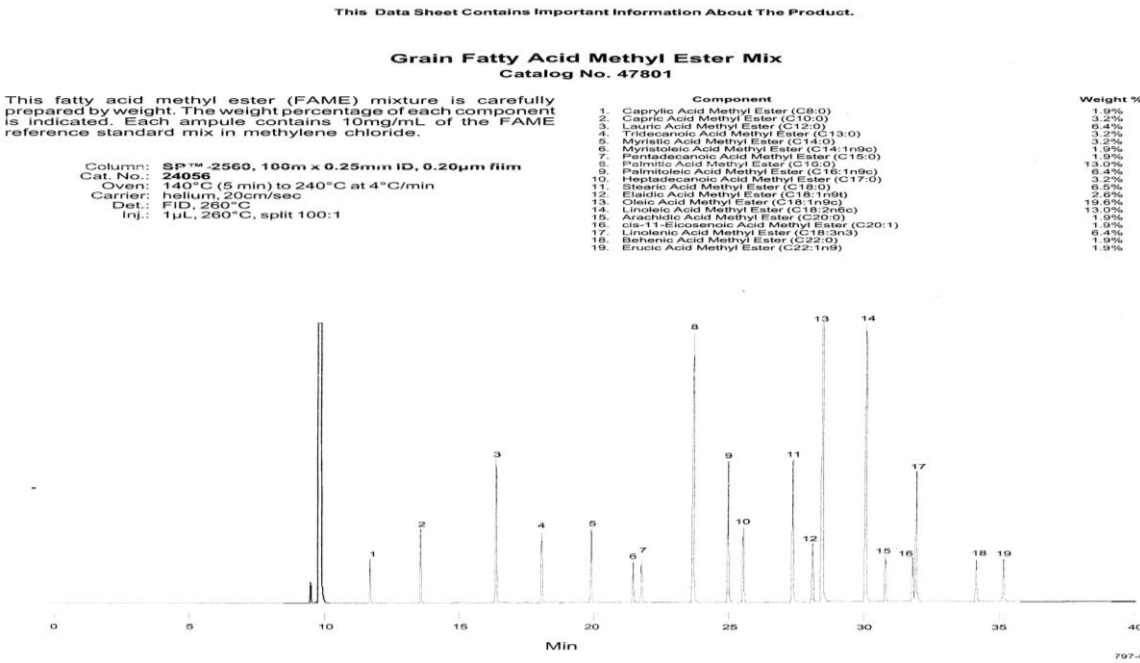
Para la extracción de la grasa, se utilizó el equipo Extractor de grasa de la marca VELP SCIENTIFIC y de la serie Velp Ser 148 cuyo funcionamiento consta de tres etapas que son: la inmersión, lavado y recuperado con tiempos de 60 min, 60 min y 30 min respectivamente. El solvente que se utilizó es el éter de petróleo y el equipo trabaja a una temperatura de 120°C. Estos tiempos y esta temperatura ya está establecida por el equipo.



Figura 4.Extractor de grasa por solventes serie Velp Ser 148.

Caracterización mediante el cromatógrafo de gases

El cromatógrafo de gases que se utilizo es de la marca CARLO ERBA INSTRUMENTS serie HRGC 5300, el cual consta de una columna de polimetil silicona como fase estacionaria y como fase móvil se utilizó hidrógeno. Se aplicó el método FAME (Fatty Acid Methyl Ester), el mismo que consiste en la metilación de los ácidos grasos presentes en la muestra para que puedan ser cuantificados por el equipo.



Fuente: (Sigma Aldrich)

Figura 5. Cromatograma de patrones para ácidos grasos utilizado.

El patrón utilizado para la cuantificación, fue una mezcla de ácidos grasos para cromatografía de la empresa, Sigma Aldrich.

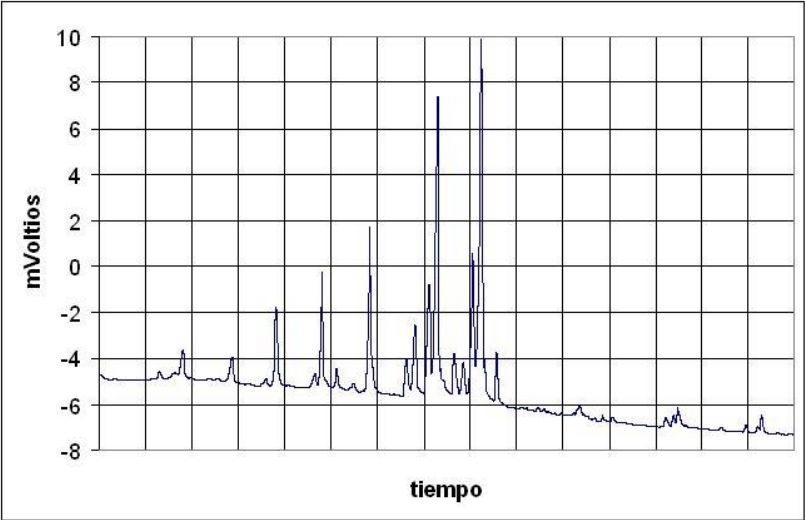
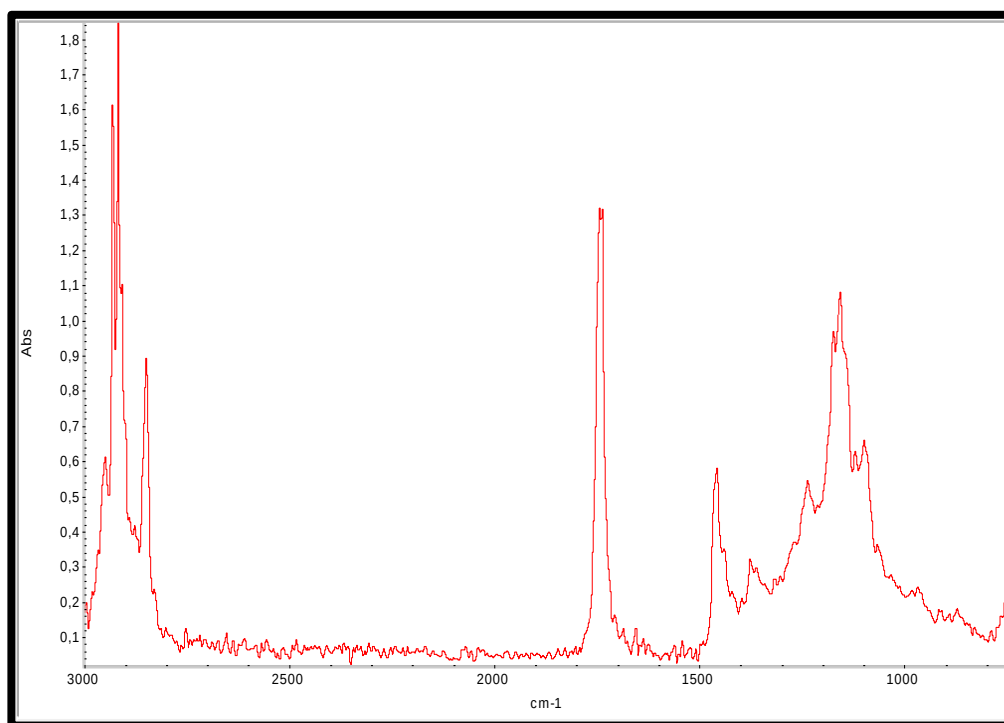


Figura 6. Cromatograma.***Medición de AGT por el Infrarrojo***

Para la medición de los AGT se utilizó un Espectrofotómetro infrarrojo NICOLET IR 100 FTIR, el cual consta de una celda de cristal en el que se coloca de 2 a 3 gotas de la grasa de la muestra que previamente fue extraída. Con este equipo se trabajó a condiciones de 750 a 1100 cm^{-1} de barrido, con 32 espectros, un gain de 4 y en absorbancia. Posteriormente se realizó la cuantificación de los AGT en el programa OMNIC 7.3 una vez obtenidos los espectros de cada muestra. Por último, se realizaron los cálculos utilizando el modelo de Sherazi (2008), este modelo nos indica que el rango de los picos para los AGT es de 945 – 990 cm^{-1} y la ecuación para determinar el porcentaje de AGT es: $\% \text{ AGT} = -0,15776 + 1,84724 * \text{Área}^{(945-990 \text{ cm}^{-1})}$, en donde el área es, área del pico calculada.

**Figura 7.** Espectro FTIR (Fourier Transform Infrared) de grasa del plátano verde frito en éter de petróleo.**Análisis bromatológicos**

Humedad: Se realizó por método gravimétrico, en una estufa marca CONTINENTAL EQUIPMENT en la cual se colocó 10g de muestra y se trabajó con una temperatura de 100°C durante 24 horas.

Grasa: El equipo utilizado fue un Extractor de grasa de la marca VELD SCIENTIFIC de la serie VELD Ser 148, en donde se empleó como solvente éter de petróleo.

Fibra: para la determinación de la fibra se utilizó el equipo RAW FIBER EXTRACTOR de la marca VELP SCIENTIFIC, el mismo que se basa en el tratamiento secuencial de ácido y álcalis en condiciones estandarizadas, por lo que se obtuvo el contenido total de fibra y se valoró por diferencia de pesos.

Proteína: Se utilizó el método Kjeldahl, el cual mide el contenido de nitrógeno presente en la muestra. Este método consta de 3 etapas: digestión, la misma que se hace en presencia de ácido sulfúrico y otros catalizadores como sulfato de cobre y sulfato de potación; destilación, se realiza en presencia de sosa saturada para poder neutralizar al ácido, esto se hace por 5 minutos; y por último la titulación, la cual se realizó con ácido clorhídrico 0,1329 N con el objetivo de poder valorar el contenido de nitrógeno presente en la muestra. Para esto se utilizó el equipo UKD129 de la marca VELP SCIENTIFICA

Cenizas: se obtuvieron empleando un método gravimétrico, en donde se colocó a la muestra previamente extraída la humedad. Se utilizó una mufla de la marca NABERTHERM y se trabajó a 500 C durante 24 horas.

CAPÍTULO 2: RESULTADOS

Se realizó el análisis bromatológico del verde crudo para conocer su composición nutricional antes de empezar con los procesos de fritura. Los resultados de estos análisis se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis bromatológicos del plátano verde crudo*.

Plátano Verde Crudo	
Componentes	Porcentaje %
Humedad	63,76
Carbohidratos	29,2
Proteína	1,25
Grasa	0,61
Fibra	1,92
Cenizas	3,26
*Datos expresados en base seca	

Efectuadas las pruebas del diseño experimental, se identificaron las variables significativas que influyen en la presencia de ácidos grasos trans. Se utilizó un diagrama de Pareto para cada una

de las formas de fritura del plátano verde, para presentar dichas variables significativas, figura 6, 7 y 8. Identificado el mejor experimento, correspondientes al nivel 0 del diseño experimental se realizó el análisis bromatológico de los mismos, cuyos resultados se muestran en la tabla 6.

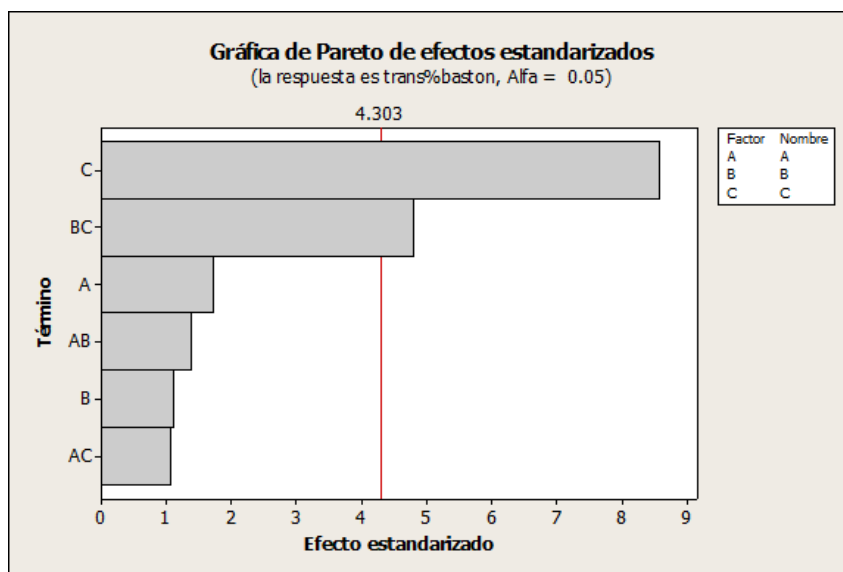


Figura 8. Análisis de Pareto de los efectos que inciden en la generación de ácidos grasos trans durante el proceso de fritura en el bastón.

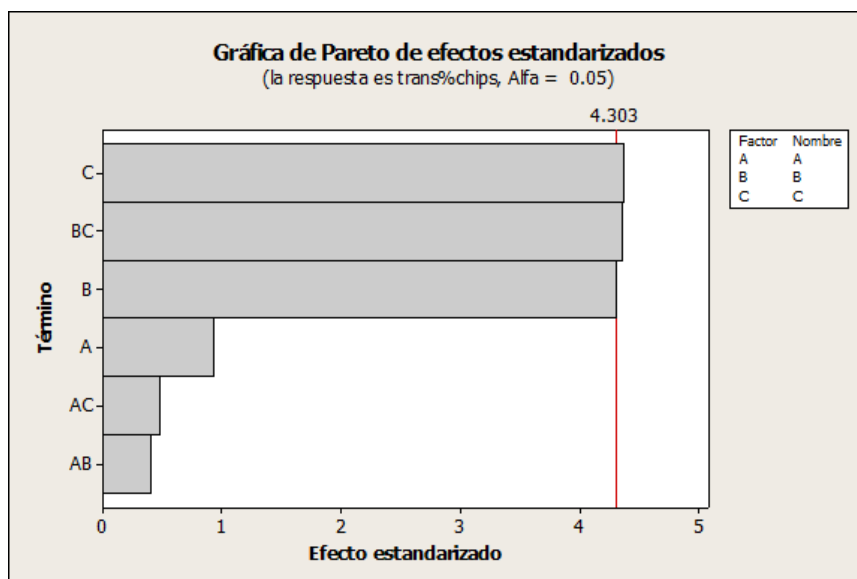


Figura 9. Análisis de Pareto de los efectos que inciden en la generación de ácidos grasos trans durante el proceso de fritura en los chips.

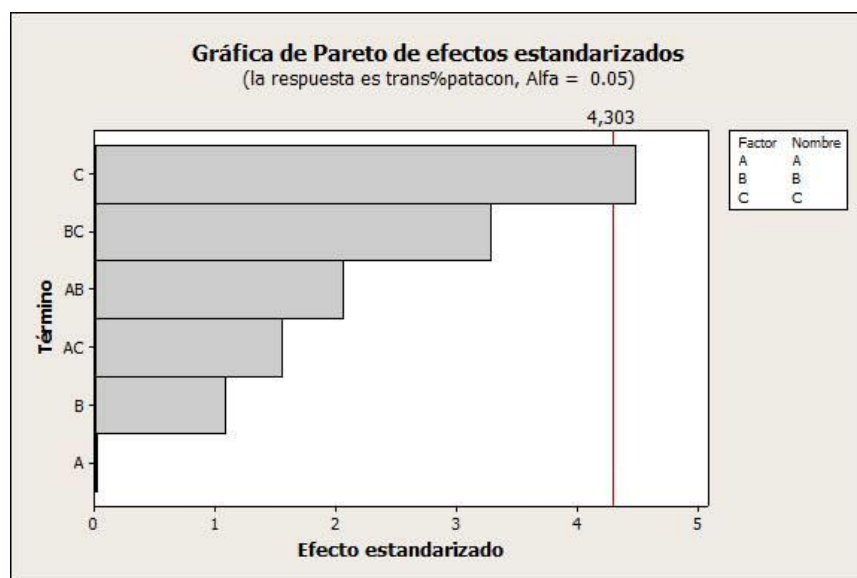


Figura 10. Análisis de Pareto de los efectos que inciden en la generación de ácidos grasos trans durante el proceso de fritura en el patacón.

Tabla 6. Análisis bromatológicos del plátano verde frito en sus distintas formas*.

Tipo de Alimento	Componentes en porcentaje %					
	Humedad	Carbohidratos	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas
Patacón	15,08	51,89	0,98	29,07	1,84	1,14
Chips	19,72	64,65	0,97	10,47	1,91	2,28
Bastón	20,57	54,7	1,08	19,48	1,89	2,28
*Datos expresados en base seca.						

Se elaboró el perfil lipídico de todos los experimentos para conocer su composición estos datos se presenta en el anexo 1. En la tabla 7 se muestran los resultados de los ácidos grasos de los experimentos en condiciones óptimas de cada una de las formas del plátano verde frito. En el anexo 2 se encuentran los porcentajes de ácidos grasos trans de cada uno de los experimentos.

Tabla 7. Perfil lipídico de los ceros de cada una de las formas del plátano verde frito.

EXP	%PORCENTAJE DE LA PRESENCIA DE LOS ÁCIDOS GRASOS							
	Mirístico	Esteárico	Palmítico	Linoleico	Linolénico	Oleico	Palmitoleico	Láurico
Bastón 1er cero	5,79	19,72	25,74	10,42	ND	28,45	9,23	0,63

Bastón 2do cero	5,67	19,09	20,46	7,60	ND	35,29	11,09	0,80
Chips 1er cero	8,16	18,22	24,04	10,08	ND	29,47	9,44	0,59
Chips 2do cero	9,02	16,98	25,02	13,75	ND	26,42	8,20	0,61
Patacón 1er cero	5,02	25,71	25,51	11,01	ND	23,95	8,34	0,47
Patacón 2do cero	5,22	19,81	19,88	9,68	ND	33,93	10,86	0,62
*ND: No detectables								

Se estableció un tamaño por porción para las distintas formas del plátano verde frito, de los cuales se partió para elaborar una tabla nutricional con los datos obtenidos bromatológicamente en base a esta cantidad de producto. Los valores diarios se calcularon a partir de una dieta de 2000 calorías. En la tabla 8, 9 y 10 se muestran los resultados.

Tabla 8. Tabla nutricional de Chips de plátano verde.

Tamaño por porción: 25g		
Porciones por empaque: 1		
Cantidad por porción		
CALORÍAS: 91		
CALORÍAS DE GRASA: 27		
% Valores Diarios*		
Grasa Total	3g	5%
Grasas Trans	0g	0%
Grasas Saturadas	2g	9%
Carbohidratos	16g	5%
Fibra dietética	0g	0%
Azúcares	16g	
Minerales	1g	
Proteína	0g	0%
*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 Calorías		

Tabla 9. Tabla nutricional de patacones de plátano verde.

Tamaño por porción: 5g		
Cantidad por 100g		
CALORÍAS: 473		
CALORÍAS DE GRASA: 261		
% Valores Diarios*		
Grasa Total	29g	53%

Grasas Trans	1g	0%
Grasas Saturadas	15g	68%
Carbohidratos	52g	17%
Fibra dietética	2g	8%
Azúcares	50g	
Minerales	1g	
Proteína	1g	1%

*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 Calorías

Tabla 10. Tabla nutricional de bastones de plátano verde.

Tamaño por porción: 3g		
Cantidad por 100g		
CALORÍAS: 395		
CALORÍAS DE GRASA: 171		
% Valores Diarios*		
Grasa Total	19g	35%
Grasas Trans	1g	0%
Grasas Saturadas	9g	41%
Carbohidratos	55g	18%
Fibra dietética	2g	8%
Azúcares	53g	
Minerales	2g	
Proteína	1g	1%

*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 Calorías

CAPÍTULO 3: DISCUSIÓN

Para la determinación de ácidos grasos trans, se puede realizar por cromatografía de gases y el espectrofotómetro infrarrojo, sin embargo el método de cromatografía de gases no es muy recomendable debido al alto costo que supone la preparación de dichas muestras (Blanco y Caballero). Se ha demostrado en estudios de comparación entre Espectrofotómetro infrarrojo y cromatografía de gases en cuanto a la determinación de ácidos grasos. Sin embargo con la espectrofotómetro infrarrojo es un método rápido y confiable para determinar ácidos grasos trans, que permite obtener una amplia información de la grasa sobre todo de los ácidos grasos presentes en el producto, teniendo como gran ventaja la facilidad de trabajo y la interpretación multivariante que se puede dar del espectro. (Azizian, Kamalian y Winsborough)

Se realizó un estudio para medir la concentración de los ácidos grasos trans que se forman en los aceites, cuando se freían papas a la francesa congeladas por 8 min a 180°C, con y sin reemplazo de aceite después de cada fritura en un total de 20 ciclos. Los resultados indicaron que durante la fritura, los ácidos grasos trans aumentan con el número de frituras y hay mayor

formación de estos cuando no hay adición de aceite nuevo (Gómez, Martínez Galán y Cardona). Con respecto a nuestro análisis de los factores que más influyen en la generación de los ácidos grasos trans en el plátano verde frito e sus distintas formas tenemos al reuso del aceite, la temperatura y la interacción de ambas variables. Por lo que podemos comparar que en ambos estudios realizados a distintos alimentos la variable que tiene mayor incidencia para la aparición de estos compuestos es el reuso del aceite.

En cuanto a los análisis bromatológicos del plátano verde crudo y del plátano maduro crudo, no existe mayor diferencia entre los datos, por lo que se puede decir que esto se da debido a que la matriz del alimento es similar y, por ende, el estado de maduración no interfiere para que existan cambios significativos en los macronutrientes. En la tabla 9 se muestran los resultados.

Tabla 11. Comparación de los análisis bromatológicos del plátano verde crudo y del plátano maduro crudo*.

Tipo de Alimento	Componentes en porcentaje %					
	Humedad	Carbohidratos	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas
Plátano verde crudo	63,76	29,2	1,25	0,61	1,92	3,26
Plátano maduro crudo	62.40	30.87	1.28	0.46	2.04	2.95
*Datos expresados en base seca.						

Por otra parte, también se realizaron los análisis bromatológicos del plátano verde y maduro después de ser sometidos a un proceso de fritura. Para el plátano verde, se trabajó con la forma de patacón en condiciones de: 170°C por 3 minutos y en un tercer reuso del aceite. Mientras que el plátano maduro se trabajó en la forma tradicional en condiciones de: 165°C, 3 minutos y un tercer reuso. En donde nos pudimos dar cuenta que no existen cambios relevantes en los resultados obtenidos, con excepción de la humedad y la grasa en donde el patacón presenta un porcentaje del 15,08 % y 29,07% respectivamente. Mientras que en el plátano maduro frito presenta 19,29% de humedad y 26,56 % de grasa. Este comportamiento se da por lo que el patacón tiene un pre- procesamiento antes de la fritura, el cual consta en llevar a cocción al verde durante 30 minutos, esto provoca que el verde absorba agua la misma que en el proceso de fritura va a ser sustituida por aceite y se provoca una mayor deshidratación del alimento y una mayor absorción de grasa. En la tabla 10 se muestran los resultados.

Tabla 12. Comparación de los análisis bromatológicos del plátano verde y del plátano después del proceso de fritura*.

	Componentes en porcentaje %						
Tipo de Alimento	Humedad	Carbohidratos	Proteína	Grasa	Grasas trans**	Fibra	Cenizas
Plátano verde frito (Patacón)	15,08	51,89	0,98	29,07	2,33	1,84	1,14
Plátano maduro frito (Forma tradicional)	19,29	48,91	1.24	26,56	2,10	1.92	2.08
*Datos expresados en base seca. ** Porcentaje expresado de la grasa total.							

CONCLUSIÓN

La aplicación del diseño experimental factorial de 2^3 en las distintas formas de presentación del plátano verde, nos permitió saber cuáles de los parámetros examinados tienen mayor influencia en el proceso de fritura. Con la aplicación de diseño experimental siendo las variables: tiempo, temperatura y reuso del aceite, se concluyó que las variables que son responsables de que exista una mayor cantidad de ácidos grasos trans presentes en el alimento, es el reuso del aceite y también una interacción entre el reuso del aceite y la temperatura de fritura. En la forma del patacón el factor que más influye es el reuso del aceite, en cuanto al bastón los factores que más relevancia tienen son: el reuso del aceite de fritura y la interacción de la temperatura y el reuso del aceite. Mientras que para los chips son: la temperatura, el reuso, y la interacción entre el reuso del aceite y la temperatura.

Los análisis bromatológicos que se realizó tanto en el plátano verde crudo como en el plátano verde frito en las distintas formas de presentación, se observa que existe una evidente disminución en cuanto a la humedad del alimento, de esta manera podemos sustentar que el alimento sufre una deshidratación durante el proceso de fritura, afirmando lo que se averiguo en bibliografía. Por otro lado en cuanto a la absorción de grasa podemos darnos cuenta que las tres formas: chips, bastones y patacones presentan un porcentaje de 10,47%, 19,48% y 29,07% respectivamente. De las tres formas la que más absorbe grasa es la del patacón, esto es una consecuencia del proceso previo al que es sometido el patacón antes del proceso de fritura El mismo que se lleva a cocción al plátano verde, de esta manera el alimento absorberá agua, la cual en el proceso de fritura va a ser sustituida por el aceite.

En cuanto al perfil lipídico que se realizó a los 8 experimentos con sus respectivos ceros y sus diferentes condiciones; y al aceite de fritura, se observa que no existe ninguna relevancia con respecto a los factores de análisis. Sin embargo se analizó los resultados y existe un cierto tipo de similitud entre los porcentajes de los diferentes ácidos grasos, entre el aceite de fritura y el producto final, por lo que se concluyó que los ácidos grasos presentes en el aceite de fritura son transferidos en similar proporción al producto terminado.

Como ya sabemos los aceites al ser sometido a procesos en donde se lleva a altas temperaturas, este sufre una degradación lipídica la misma que genera compuestos que son dañinos para la salud como es el caso de los ácidos grasos trans. En nuestro estudio se obtuvo porcentajes de ácidos grasos trans de: 4,24%, 4,41% y 2,33% del total de la grasa de los chips, bastones y patacones respectivamente.

Por último se obtuvo tablas nutricionales del plátano verde frito en sus distintas formas, basados en una dieta de 2000 Calorías y dándonos una idea de la ingesta diaria que se debe consumir de estos productos. Como conclusión final podemos decir que en el proceso de fritura se generan algunos compuestos que son perjudiciales para nuestra salud, pero todo esto se puede prevenir teniendo conocimiento de los beneficios y perjuicios de los distintos tipos de aceites y grasa que estas pueden manifestar, para ello se puede adoptar mejores hábitos alimenticios y de esta manera mantener una buena salud.

RECOMENDACIÓN

A mayor temperatura se acelera la degradación de las grasas, sin embargo a bajas temperaturas disminuye la degradación de los lípidos pero aumenta la absorción de la grasa por el alimento. Por ello se debe poner a freír un alimento cuando el aceite este caliente y evitar el reuso, lo que permitiría disminuir la probabilidad de que el alimento absorba ácidos grasos trans, por la exposición a los mismos, pues el reuso es una de las principales causas de la formación de dicho compuesto.

BIBLIOGRAFÍA

- Aranceta, Bartrina, Sala Foz y Esteban Moreno. *Dieta y Riesgo Cardiovascular*. 2007.
- Azizian, Homer, y otros. *Quantification of trans fatty acids in food products by GC, ATR-FTIR and FT-NIR methods*. 2004.
- Badui, Salvador. *Química de Alimentos*. Mexico: Pearson, 2006.
- . *Química de los Alimentos*. México, 2006.
- Blanco, Iris y Cecilia Caballero. *Propuesta de Validación del método de espectroscopia infrarroja para la cuantificación de grasas trans en margarina*. Salvador, 2015.

- Casallas, Luisa. *EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL BANANO COMÚN (Musa sapientum L)*. Bogotá, 2010.
- FAO. *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Roma, 1997.
- Ganadería, Ministerio de Agricultura y. «Tres tipos de plátano se cosechan.» *El Comercio* 2 de Abril de 2011.
- Gómez, Briana, Julián Martínez Galán y Luz Cardona . «Composition of fatty acids in some fried food and frying oil and related factors in a college area of the city of Medellín-Colombia.» *Scielo* (2014).
- Lercker, Geovanni y Alegría Carrasco. *El proceso culinario de fritura y el uso del aceite de oliva en el mismo*. 2010.
- Montes, Nicolás, y otros. «Oil absorption in fried foods.» *Scielo* (2016).
- Morales, María Teresa y Ana María Cameán. *Grasas y aceites alimentarios*. 2012.
- Moya, Kattirant. *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD EN PAPAS TIPO FRENCH FRIES MEDIANTE VISIÓN COMPUTACIONAL Y ESTUDIO DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS*. Chile, 2011.
- Quintero, Victor, José Vasco y Cuellar Liceth. *EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DURANTE LA FRITURA DE REBANADAS DE PAPA CRIOLLA* . Colombia, 2011.
- Rizo, Luis. *Cadena Agroindustrial del plátano*. Nicaragua, 2004.
- Rodriguez, Gloria, y otros. «PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS.» *Scielo* (2013).
- Suaterna, Adriana. «La fritura de los alimentos: el aceite de fritura.» *Scielo* (2009).
- Varela, Gregorio. *POSIBILIDADES DE LA FRITURA DE LOS ALIMENTOS EN LA RELACION DIETA/ENFERMEDADES DEGENERATIVAS* . Madrid, 1993.

ANEXOS:

Anexo 1. Perfil lipídico de los experimentos de cada forma del plátano verde frito y del aceite.

Experimentos	%Porcentaje de la presencia de los ácidos grasos							
	MIRISTICO	ESTEARICO	PALMITICO	LINOLEICO	LINOLENICO	OLEICO	PALMITOLEICO	LAURICO
Aceite uso 1_165°C	3,52	21,56	22,32	4,40	0,74	35,62	11,20	0,64
Aceite uso 1_175°C	6,71	21,72	24,97	6,67	0,48	29,05	9,83	0,57
Aceite uso 3_170°C	1,33	20,44	27,35	5,37	ND	33,53	11,31	0,67
Aceite uso 5_165°C	5,96	18,98	18,96	8,65	0,34	35,23	11,31	0,57
Aceite uso 5_175°C	4,35	20,33	25,22	8,52	ND	31,20	9,81	0,57
Aceite Fresco	2,71	22,40	27,40	6,41	ND	30,27	10,26	0,55
Bastón_1er cero	5,79	19,72	25,74	10,42	ND	28,45	9,23	0,63
Bastón_2do cero	5,67	19,09	20,46	7,60	ND	35,29	11,09	0,80
Bastón_exp1	8,89	17,62	27,84	11,43	ND	25,87	7,79	0,56
Bastón_exp2	5,31	18,69	27,45	10,92	ND	28,08	9,08	0,47
Bastón_exp3	5,03	20,16	26,28	11,37	ND	27,88	8,77	0,52
Bastón_exp4	6,39	21,79	21,52	12,14	ND	28,34	9,29	0,53
Bastón_exp5	5,24	20,87	23,93	4,75	ND	35,37	9,28	0,56
Bastón_exp6	3,28	12,84	24,55	6,12	ND	40,20	12,14	0,86
Bastón_exp7	8,15	19,8	24,79	6,9	ND	30,78	9,01	0,57
Bastón_exp8	8,10	17,00	22,61	11,69	ND	30,34	9,72	0,54
Chips_1er cero	8,16	18,22	24,04	10,08	ND	29,47	9,44	0,59

Chips_2do cero	9,02	16,98	25,02	13,75	ND	26,42	8,20	0,61
Chips_exp1	10,52	16,08	25,15	12,33	ND	26,97	8,30	0,65
Chips_exp2	7,54	18,38	27,2	7,9	ND	29,35	9,2	0,43
Chips_exp3	6,00	21,16	24,53	13,06	ND	26,19	8,58	0,48
Chips_exp4	9,54	17,34	23,94	8,43	ND	30,26	9,97	0,52
Chips_exp5	2,47	16,90	24,03	3,19	ND	39,82	12,92	0,67
Chips_exp6	2,35	15,80	27,36	4,23	ND	37,47	11,84	0,95
Chips_exp7	8,59	19,95	22,55	12,79	ND	27,48	8,05	0,59
Chips_exp8	8,73	15,12	22,24	7,9	ND	34,63	10,72	0,66
Patacón_1er cero	5,02	25,71	25,51	11,01	ND	23,95	8,34	0,47
Patacón_2do cero	5,22	19,81	19,88	9,68	ND	33,93	10,86	0,62
Patacón_exp1	8,85	20,02	20,59	14,12	ND	27,31	8,56	0,54
Patacón_exp2	4,24	21,70	27,50	10,74	ND	26,65	8,71	0,46
Patacón_exp3	6,41	19,43	25,95	11,15	ND	27,99	8,56	0,51
Patacón_exp4	5,56	22,37	24,49	10,33	ND	27,64	8,99	0,63
Patacón_exp5	7,83	19,22	21,86	6,23	ND	33,37	10,88	0,61
Patacón_exp6	3,14	15,54	25,92	7,60	ND	35,63	11,49	0,67
Patacón_exp7	7,3	17,35	18,96	3,8	ND	39,36	12,55	0,68
Patacón_exp8	7,59	18,36	20,37	5,48	ND	35,7	11,84	0,66
Patacón_1er cero	3,52	21,56	22,32	4,40	0,74	35,62	11,20	0,64
Patacón_2do cero	6,71	21,72	24,97	6,67	0,48	29,05	9,83	0,57

Anexo 2. Porcentaje de los ácidos grasos trans de cada uno de los experimentos de las distintas formas del plátano verde frito.

PATACÓN

	Tiempo	Temperatura	Reúsos	Área	% Trans
Exp1	2'	165	1	3,859	6,97
Exp2	4'	165	1	2,831	5,07
Exp3	2'	175	1	2,024	3,58
Exp4	4'	175	1	2,148	3,81
Exp5	2'	165	5	1,195	2,05
Exp6	4'	165	5	1,022	1,73
Exp7	2'	175	5	1,217	2,09
Exp8	4'	175	5	2,267	4,03
Cero1	3,5'	170	3	0,941	1,58
Cero2	3,5'	170	3	1,753	3,08

CHIPS

Exp1	3'	165	1	4,650	8,43
Exp2	4'	165	1	4,217	7,63
Exp3	3'	175	1	1,342	2,32
Exp4	4'	175	1	1,455	2,53
Exp5	3'	165	5	1,342	2,32
Exp6	4'	165	5	1,407	2,44
Exp7	3'	175	5	1,921	3,39
Exp8	4'	175	5	0,865	1,44
Cero1	3,5'	170	3	2,110	3,74
Cero2	3,5'	170	3	2,646	4,73

BASTÓN

Exp1	12'	165	1	3,892	7,03
Exp2	18'	165	1	4,217	7,63

Exp3	12'	175	1	2,295	4,08
Exp4	18'	175	1	3,204	5,76
Exp5	12'	165	5	1,195	2,05
Exp6	18'	165	5	1,022	1,73
Exp7	12'	175	5	1,688	2,96
Exp8	18'	175	5	2,148	3,81
Cero1	15'	170	3	2,782	4,98
Cero2	15'	170	3	2,159	3,83