

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA



**“EVALUACIÓN DEL GRADO DE DEGRADACIÓN PRIMARIA DEL ACEITE
VEGETAL USADO EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE PAPAS FRITAS
MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA FORMACIÓN DE PERÓXIDOS”**

**Tesis previo a la obtención del título de
Bioquímico Farmacéutico**

AUTORES

Edwin Fabián Ávila CI: 0302480173

Karina Guadalupe Ordóñez Domínguez CI: 0105710271

DIRECTORA

Dra. Silvia Johana Ortiz Ulloa, PhD. CI: 0301082897

ASESORA

Bioq. Farm. Gabriela Cristina Astudillo Rubio CI: 0104149828

CUENCA-ECUADOR

2017



RESUMEN

En la actualidad, el consumo de papas fritas es muy frecuente en la población, debido a sus características organolépticas aceptables. El proceso de fritura profunda produce la paulatina degradación del aceite relacionada principalmente con procesos de oxidación e hidrólisis. En la etapa primaria de oxidación se producirán peróxidos, los cuales ingresarán al alimento por la absorción del aceite representando un riesgo para la salud del consumidor. Por lo tanto, es importante conocer los niveles de peróxidos presentes en los aceites utilizados en procesos de fritura continua.

Se desarrolló un estudio cuantitativo analítico experimental, mediante un diseño factorial 2^3 de tres factores: temperatura, tiempo de uso del aceite y la presencia o ausencia de vienesa durante la fritura. En las muestras de aceite obtenidas por cada condición experimental, se analizó el índice de peróxidos de acuerdo al Método Oficial AOAC 965.33. Además, se determinó el porcentaje de grasa absorbida en las muestras de papas fritas obtenidas al final de cada experimento por el Método de Soxhlet.

Como resultado de la evaluación del deterioro primario del aceite se obtuvo una relación inversa entre el índice de peróxidos con la temperatura de fritura. A una temperatura de fritura de 140 °C, los índices de peróxidos alcanzaron valores más altos. Por otra parte, el riesgo de exposición a peróxidos por el consumo de papas fritas es mayor a 140 °C (0,007 mEqO/PC(Kg)/día); sin representar un riesgo para la salud del consumidor debido a que fueron menores al valor de Ingesta Diaria Tolerable (TDI=0,026 mEqO/Kg PC/día).

PALABRAS CLAVE: Oxidación primaria, papas fritas, fritura profunda, peróxidos.

**ABSTRACT**

At present, the consumption of French fries is very frequent among the population due to its acceptable organoleptic characteristics. The deep frying process produces the gradual degradation of the oil mainly related to processes of oxidation and hydrolysis. Thus, in the primary stage of oxidation will occur the so-called peroxides, which will enter the food by absorbing the oil, representing a risk to the consumers' health. Therefore, it is important to evaluate the levels of peroxides present in oils used in frying processes.

The present work was a quantitative experimental analytical study, developed through a 2^K factorial design of three variables: temperature, time of use of the oil and the presence or absence of sausage during frying. In the oil samples of each experimental condition, the peroxide value was analyzed according to AOAC Official Method 965.33. In addition, the fat absorbed into the French Fries samples obtained at the end of each experiment was determined by the Soxhlet Method.

As a result of the evaluation of the primary deterioration of the oil an inverse relationship was obtained between the peroxide value and the frying temperature. At a frying temperature of 140 ° C, the peroxides reached higher values. On the other hand, the risk of exposure to peroxides from potato chips is higher than 140 ° C (0,007 mEqO/PC(Kg)/día), without representing a risk to the health of the consumers because they were lower than the value of Tolerable Daily Intake (TDI = 0,026mEqO/Kg PC/day).

KEY WORDS: Primary oxidation, potato chips, deep frying, peroxides.



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO TEÓRICO	16
1.1 Definición de fritura	16
1.2 Proceso de fritura	16
1.3 Tipos de fritura	17
1.3.1 Superficial (Shallow frying)	17
1.3.2 Profunda (Deep frying)	17
1.4 Sistemas de fritura	17
1.4.1 Fritura continua	17
1.4.2 Fritura discontinua	18
1.5 Principales aceites vegetales empleados en las frituras	18
1.5.1 Estructura y composición	18
1.5.2 Tipos de aceites	19
1.6 Comportamiento del aceite a lo largo del proceso de fritura	19
1.7 Alteraciones químicas en los aceites por el proceso de fritura	20
1.7.1 Hidrólisis	21
1.7.2 Oxidación	21
1.7.3 Polimerización	23
1.8 Absorción del aceite en los alimentos	24
1.8.1 Factores que afectan a la absorción del aceite	24
1.9 Normativa para aceites utilizados durante los procesos de fritura	25
2. MATERIALES Y MÉTODOS	27
2.1 Tipo de estudio	27
2.2 Métodos	27
2.2.1 Diseño experimental	27
2.2.2 Preparación de la muestra	28
2.2.3 Determinación del índice de peróxidos	30
2.2.4 Determinación del contenido de grasa total	33



2.2.5 Estimación del riesgo de exposición dietario a peróxidos.....	37
2.3 Análisis estadístico.....	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1 Análisis de índice de peróxidos.....	38
3.3 Estimación del riesgo de exposición dietaria a peróxidos	44
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
4.1 Conclusiones	47
4.2 Recomendaciones.....	48



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales tipos de aceites utilizados en las frituras de alimentos.....	19
Tabla 2. Variables y dominio experimental.....	28
Tabla 3. Combinación de las variables para el diseño experimental 2^3	28
Tabla 4. Matriz de experimentos y respuesta del índice de peróxidos.	38
Tabla 5. Influencia de los factores estudiados en el índice de peróxidos.	41
Tabla 6. Estimación del riesgo de exposición dietaria a peróxidos para cada experimento con sus réplicas	45
Tabla 7. Exposición a peróxidos por el consumo de papas fritas en función de la temperatura de fritura.....	46



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fase de iniciación de la autooxidación.....	22
Figura 2. Fase de propagación 1. Reacción con el oxígeno.....	23
Figura 3. Fase de propagación 2. Reacción del radical peróxido	23
Figura 4. Fase de finalización 1.Unión de dos radicales libres	23
Figura 5. Fase de finalización 2. Formación de compuestos secundarios	23
Figura 6. Preparación de muestras de aceite líquidas, turbias y con sedimento	31
Figura 7. Esquema del procedimiento de análisis de índice de peróxidos	33
Figura 8. Esquema de la digestión para el aislamiento de grasa en la muestra de papas fritas	35
Figura 9. Esquema de destilación para la extracción de la grasa en la muestra	36
Figura 10. Diagrama de Pareto de los efectos estandarizados de las variables con respecto al índice de peróxidos.	42



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Edwin Fabián Ávila Ávila en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DEL GRADO DE DEGRADACIÓN PRIMARIA DEL ACEITE VEGETAL USADO EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE PAPAS FRITAS MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA FORMACIÓN DE PERÓXIDOS", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de Octubre del 2017

Edwin Fabián Ávila Ávila

C.I: 0302480173



Cláusula de Propiedad Intelectual

Edwin Fabián Ávila Ávila, autor del trabajo de titulación “EVALUACIÓN DEL GRADO DE DEGRADACIÓN PRIMARIA DEL ACEITE VEGETAL USADO EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE PAPAS FRITAS MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA FORMACIÓN DE PERÓXIDOS”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 19 de octubre del 2017

Edwin Fabián Ávila Ávila

C.I: 0302480173



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Karina Guadalupe Ordoñez Domínguez en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “EVALUACIÓN DEL GRADO DE DEGRADACIÓN PRIMARIA DEL ACEITE VEGETAL USADO EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE PAPAS FRITAS MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA FORMACIÓN DE PERÓXIDOS”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de Octubre del 2017

Karina Guadalupe Ordoñez Domínguez

C.I: 0105710271



Cláusula de Propiedad Intelectual

Karina Guadalupe Ordoñez Domínguez, autora del trabajo de titulación “EVALUACIÓN DEL GRADO DE DEGRADACIÓN PRIMARIA DEL ACEITE VEGETAL USADO EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE PAPAS FRITAS MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA FORMACIÓN DE PERÓXIDOS”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 19 de octubre del 2017

Karina Guadalupe Ordoñez Domínguez

C.I: 0105710271



DEDICATORIA

El conjunto de personas que Dios me ha dado para acompañarme en la vida está formado por personas incondicionales a las cuales dedico este trabajo de titulación que sin duda lleva mi nombre, pero que, sin ellas no hubiese iniciado y llegado a su término. A Bartolo y María mis padres, por estar siempre presentes en todo momento e insistiéndome en ser mejor cada día y alcanzar éxitos. A mis hermanos Fernando y Josué por conectar su tiempo, espacio y conocimientos con los míos. Finalmente, a todo el numeroso grupo de compañeros por ese apoyo mutuo y trabajo durante la carrera, Yessenia por ser una fuente de motivación desde que optamos por la misma profesión y Edwin por un trabajo de graduación excepcional.

Guadalupe

Fui bendecido con gente maravillosa en mi vida, a quienes dedico este trabajo de titulación. El esfuerzo realizado fue mío y el motivo son ustedes. A mi familia por el cariño brindado, la felicidad que me han provocado en cada momento compartido y la ayuda brindada en este camino universitario. De manera especial a mis padres Edwin y Julia por ser el pilar fundamental en mi educación y con cariño enseñarme el camino correcto. A mis hermanos Xavier, Diego, Julio por estar presentes en todos los momentos de mi vida siendo ejemplo y apoyo incondicional, a mi esposa Tatiana y mi hijo Xavier por ser el motor que me impulsa a alcanzar estas metas.

Edwin



AGRADECIMIENTO

Absoluta gratitud dirigida a Dios por permitirnos llegar a este punto de nuestras vidas. A nuestras familias por el apoyo incondicional en cada etapa de nuestra formación. A la Dra. Johana Ortiz PhD por su acogida para la dirección de esta tesis y el apoyo brindado. A la BQF. Gabriela Astudillo por la colaboración en las diferentes etapas de este trabajo. A los docentes a quienes les debemos los conocimientos adquiridos. A la prestigiosa Universidad de Cuenca que nos abrió sus puertas formándonos para un futuro como profesionales competitivos, críticos y éticos. A nuestros compañeros con los que compartimos este camino universitario. A cada persona que mediante su apoyo y colaboración nos ha permitido alcanzar esta meta, logrando además crear en nosotros una visión para el futuro. Con la promesa de que lo aprendido será utilizado en un futuro para el bienestar propio y de la sociedad a la cual serviremos con profesionalismo, amor por nuestra carrera y cariño con la gente.

Queda además, un agradecimiento mutuo entre los autores de este trabajo de titulación por formar un buen equipo de trabajo y por el esfuerzo que hizo posible esta tesis.

Edwin y Guadalupe



INTRODUCCIÓN

La fritura es un método de cocción rápido y fácil que confiere al alimento características organolépticas agradables para el consumidor, tales como: aspecto, consistencia, sabor, entre otras. Estas características son diferentes a las obtenidas por otros métodos tradicionales de cocción de alimentos (Esquivel Ramírez, Castañeda Ovando, & Ramírez Godínez, 2014). El aceite utilizado en este proceso sufre cambios debido a las condiciones a las cuales son expuestos, incluyendo inicialmente sustancias de tipo peróxidos. En etapas posteriores se formarán aldehídos, cetonas y alcoholes, que han sido identificados como productores de retraso en el crecimiento, hipertrofia o hiperplasia hepática, hígado graso, úlceras gástricas y lesiones tisulares en corazón y riñón, en animales de experimentación (Suaterna Hurtado, 2011). El alimento sometido a la fritura absorbe el aceite, pero también absorbe los compuestos tóxicos formados por su degradación. La cantidad de aceite absorbida dependerá del alimento y en el caso específico de las papas fritas en bastones, se ha reportado un promedio de absorción del 10 % de su peso total (Montes et al., 2016).

Sin importar el origen, al exponer los aceites a temperaturas de fritura profunda de 180 °C se genera un deterioro progresivo de su estructura. Este cambio está ligado a factores controlables, tales como tiempo y tipo de fritura, cantidad y tipo de alimento, volumen de aceite, temperatura de fritura, reposición o no de aceite nuevo, presencia o no de restos de alimento, los equipos y el tiempo de uso son factores que se puede controlar. Además, al freír al aire libre, la presencia de oxígeno se destaca como un factor que no se puede controlar (Montes et al., 2016; Vives, 2003).

La norma en vigencia en el Ecuador NTE INEN 2678:2013 para grasas y aceites comestibles reutilizados contempla como requisitos el porcentaje máximo permitido de ácidos grasos libres (3 %) y compuestos polares (25 %). Sin embargo, en ésta norma no consta como requisito los valores máximos de índice de peróxidos, ya que estos compuestos se forman por la degradación primaria que sufren los aceites durante el calentamiento y permiten evaluar el deterioro progresivo del aceite y su calidad (INEN 2678, 2013).



El aumento de locales de expendio es consecuencia de una mayor demanda del consumo de papas fritas. En el 2014 se reportó, a partir de un estudio piloto realizado en la ciudad de Cuenca a una población de 100 personas entre 12 y 26 años de edad, que el 82 % de esta población consumían papas fritas no enfundadas industrialmente (Vélez Vinueza, 2014).

Por lo tanto, es importante realizar el estudio para conocer los niveles de peróxidos presentes en los aceites utilizados en procesos de fritura por su importancia en la salud humana, principalmente cuando el aceite se emplea en frituras continuas y el tiempo de uso es prolongado.

OBJETIVOS

General

Evaluar el grado de degradación primaria del aceite vegetal utilizado en la preparación de papas fritas mediante la medición de la formación de peróxidos.

Específicos

- Analizar la variación de la concentración de peróxidos en muestras de aceite post-fritura, obtenidas bajo diferentes condiciones experimentales durante la cocción de las papas fritas.
- Estimar el riesgo de exposición a peróxidos a través del consumo de papas fritas preparadas bajo diferentes condiciones experimentales de cocción.

HIPÓTESIS

- Existe una variación significativa en la concentración de peróxidos en el aceite vegetal dependiendo de las condiciones de uso a las que se encuentra sometido el aceite durante todo el proceso de fritura de papas.
Existe una diferencia significativa en el nivel de exposición dietaria a peróxidos según las condiciones de fritura de las papas fritas.



1. MARCO TEÓRICO

1.1 Definición de fritura

La fritura es una técnica utilizada para la cocción de alimentos, mismos que al ser sumergidos en una cantidad considerable de aceite a una temperatura entre 175 – 185 °C experimentarán transferencia de calor y adoptarán características organolépticamente aceptables para el consumidor, diferentes a las que adquirirían si fueran sometidos a otros métodos de cocción (Esquivel Ramírez et al., 2014; Sam Saguy & Dana, 2003; Suaterna Hurtado, 2011).

1.2 Proceso de fritura

El proceso de fritura es un conjunto de fases sucesivas que se producen al sumergir un alimento en el aceite a una temperatura elevada. Durante este proceso se da la transformación tanto del alimento como del aceite (Montes et al., 2016; Tirado, Correa, & Guzman, 2012).

Se distinguen cuatro fases durante la fritura por inmersión. La primera fase inicia cuando se calienta el aceite por un tiempo determinado para que alcance una temperatura entre 175 - 185 °C. Luego el alimento es sumergido en el aceite previamente calentado, entonces se produce el calentamiento de las capas superficiales del alimento debido a la transferencia de calor del aceite al alimento y como consecuencia se observa un descenso de temperatura en el aceite; en esta etapa no hay evaporación del agua superficial (Montes et al., 2016; Tirado et al., 2012).

En la segunda fase, inicia la evaporación del agua de la superficie del alimento consecuencia del aumento de la transferencia de calor, además inicia la formación de la corteza crujiente. El aceite no puede ingresar debido a la salida del agua del alimento (Montes et al., 2016; Tirado et al., 2012).

En la tercera fase, en el centro del alimento la temperatura se incrementa y se da la mayor pérdida de humedad (Montes et al., 2016). En este momento se dan varios cambios como gelificación del almidón, la corteza superficial es de mayor grosor y la transferencia de calor disminuye (Tirado et al., 2012).



En la cuarta fase finaliza el proceso de fritura, aquí la transferencia de calor y pérdida de humedad son mínimas. La turbulencia del aceite es reducida y el alimento es crujiente y dorado sin burbujas en su superficie. (Montes et al., 2016; Tirado et al., 2012).

1.3 Tipos de fritura

1.3.1 Superficial (Shallow frying)

Para este método de fritura se emplea una pequeña cantidad de aceite que no cubre al alimento en su totalidad. Por lo tanto, este volumen de aceite permite una fritura no mayor a la mitad de grosor del alimento (Rojas & Treguear, 2001; Suaterna Hurtado 2011).

1.3.2 Profunda (Deep frying)

Se emplea el aceite en una cantidad necesaria para cubrir completamente el alimento, permitiendo una fritura uniforme en la totalidad de la superficie del alimento una vez sumergido (Rojas & Treguear, 2001; Suaterna Hurtado 2011).

1.4 Sistemas de fritura

1.4.1 Fritura continua

Es un proceso de fritura constante en el que se agrega de forma continua los alimentos a freír. Se coloca una cantidad de alimento que se retira en un tiempo previamente determinado y se agrega una nueva cantidad de alimento. Además es necesario reponer el volumen consumido de aceite con un aceite fresco. Como resultado se obtiene una gran cantidad de producto destinado a conservarse por un largo periodo de tiempo, por lo que este método es empleado principalmente a nivel de industrial en una gran variedad de productos aperitivos o *snacks*, dentro de estos las patatas fritas. En este proceso se debe mantener las condiciones de temperatura constantes, a diferencia de la fritura discontinua el aceite no experimenta enfriamiento que pueda favorecer a la alteración de sus características dentro del proceso (Asitimbay Regalado & Astudillo Aguilera, 2014; Navas Sánchez, 2005).



Por otro lado la adicción continua del aceite nuevo permite una conservación a corto plazo del aceite y la calidad ya no depende en gran medida de esta condición, sino del equipo empleado, de las condiciones del proceso y del tipo y calidad de alimento que se fríe (Venegas, Bermúdez, & Rodríguez, 2011).

1.4.2 Fritura discontinua

A diferencia del proceso anterior, en el proceso discontinuo existe una mayor degradación del aceite, pues este experimenta ciclos de enfriamiento-calentamiento repetidos debido a que la cantidad producto frito es menor consecuencia de la baja demanda del consumidor (Navas Sánchez, 2005). Se debe considerar los cortos intervalos de tiempo en los cuales el aceite es calentado sin presencia del alimento durante su tiempo de uso del aceite y que la reposición de aceite fresco no es continua (Asitimbay Regalado & Astudillo Aguilera, 2014; Navas Sánchez, 2005).

1.5 Principales aceites vegetales empleados en las frituras

1.5.1 Estructura y composición

Todos los aceites de origen vegetal están formados por ácidos grasos que de acuerdo a la estructura de sus enlaces se clasifican en saturados e insaturados, y estos últimos a su vez se clasifican en monoinsaturados y poliinsaturados. Los aceites en cuya composición predominan los ácidos grasos insaturados son más beneficiosos para el organismo humano cuando se consumen frescos, pero cuando estos aceites son empleados para freír alimentos a temperaturas elevadas, se ve altamente afectada su estabilidad dando lugar a la formación de productos tóxicos en mayor medida en presencia de poliinsaturados que monoinsaturados. Por lo tanto, los aceites más aptos e ideales para freír son aquellos que tienen en su contenido ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico (Tirado et al., 2012; Valenzuela, Sanhueza, Nieto, Petersen, & Tavella, 2003).



1.5.2 Tipos de aceites

Los aceites utilizados en el proceso de fritura son obtenidos a partir de materias vegetales, y además utiliza derivados de estos aceites, la combinación de los mismos y en algunos casos la adición de las grasas en la fabricación de aceites comerciales, con la finalidad de mejorar la calidad, características y el rendimiento del aceite (Navas Sánchez, 2005). Los principales aceites utilizados en las frituras se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales tipos de aceites utilizados en las frituras de alimentos

Tipo	Grasas y Aceites
Aceites vegetales	Oliva
	Girasol
	Soja
	Maíz
	Algodón
	Colza
Grasas vegetales	Cacahuete
	Palma
	Palmiste
Fracciones de grasas	Coco
	Estearina de algodón
	Oleína de palma
Grasas Hidrogenadas	Estearina de palma
	Aceite de pescado hidrogenado
	Oleína de palma hidrogenada
	Aceite de soja hidrogenado

Fuente: (Navas Sánchez, 2005)

1.6 Comportamiento del aceite a lo largo del proceso de fritura

Los aceites a lo largo del proceso de fritura presentan transformaciones en su composición física y química, cambiando su valor nutricional (Yagüe Aylón, 2003). En particular, los cambios por fritura profunda de alimentos son el resultado de la influencia de varios parámetros, tales como el tipo de aceite, del tipo de alimento y el control de las condiciones de fritura. El tipo de aceite va a depender de la composición química y de la fuente de la cual



proviene el aceite, aquellos que presenten ácidos grasos insaturados, a pesar de que son mucho más adecuados desde el punto de vista nutricional, son inestables al ser expuestos al aumento de temperatura, ya que a mayor grado de insaturación será menor la estabilidad del aceite. Cuando el aceite se encuentra alterado químicamente este afectará el alimento que fue sometido al proceso de fritura, alterando sus características organolépticas (Esquivel Ramírez et al., 2014).

Se han reconocido cinco fases que describen los cambios en el comportamiento del aceite durante la fritura (Tirado et al., 2012).

- **Fase 1.** Corresponde al aceite inicial o nuevo en un tiempo cero. El aspecto es claro, de poca viscosidad, características organolépticas agradables y sin residuos de degradación.
- **Fase 2.** Se trata del aceite fresco en el cual la hidrólisis, marca el inicio del deterioro del aceite tras la formación de mono y diacilglicéridos, incrementa la acidez.
- **Fase 3.** El aceite se considera como óptimo porque la transmisión del calor hacia las piezas de alimentos es adecuada. Los productos se hacen crujientes en la superficie y la absorción del aceite es óptima. Se evidencia la formación de espuma.
- **Fase 4.** Consiste en un aceite degradado consecuencia de niveles de hidrólisis y oxidación altos. El aceite es oscuro y presenta partículas sólidas. El alimento presenta una apariencia de cocción excesiva, se oscurece demasiado y absorbe cantidades de aceite mayores a lo habitual.
- **Fase 5.** Se trata del aceite de descarte, el olor y sabor a rancio son marcados, disminuye el punto de humo. (Tirado et al., 2012)

1.7 Alteraciones químicas en los aceites por el proceso de fritura

Entre los principales mecanismos responsables de las transformaciones químicas en la composición de los aceites están: la hidrólisis o rancidez hidrolítica, la rancidez oxidativa y la polimerización (Arango Parrado, 2011; González, Klee, Valle, & Artiga, 2012).



1.7.1 Hidrólisis

La hidrólisis o rancidez hidrolítica es la etapa inicial de degradación del aceite en la que en presencia de humedad o agua, y el calor al cual es sometido el aceite, producirán transformaciones que consiste en la ruptura del enlace éster de los triacilglicéridos en donde se obtienen diacilglicéridos, monoacilglicéridos, glicerol y finalmente ácidos grasos libres (Arango Parrado, 2011; Sam Saguy & Dana, 2003; Yagüe Aylón, 2003).

La reacción de hidrólisis será proporcional a la cantidad de ácidos grasos insaturados contenidos en el aceite. También, el proceso de hidrólisis será mayor cuando el contenido de agua en el alimento es alto, la que a su vez aumenta cuando es sumergido en agua por un tiempo considerable previo a la fritura. (Yagüe Aylón, 2003).

Las sustancias alcalinas, entre ellas el hidróxido de sodio empleada como sustancia de limpieza de freidoras, aumentan la hidrólisis del aceite. También se ha reportado que el tiempo de duración de la fritura no afecta a la hidrólisis del aceite. (Naz, Siddiqi, Sheikh, & Sayeed, 2005).

La influencia del calor durante la fritura es de gran importancia cuando sobrepasa la temperatura de fritura aumenta la velocidad de liberación de ácidos grasos. Por lo tanto, para evitar la hidrólisis de aceites resulta necesario adoptar medidas como: mantener una temperatura constante de fritura, renovación del aceite o adición de un aceite nuevo y controlar el número de ciclos de fritura (Asitimbay Regalado & Astudillo Aguilera, 2014; Yagüe Aylón, 2003).

1.7.2 Oxidación

Como segunda transformación evidenciada en el aceite es la autooxidación o rancidez oxidativa. La oxidación es una de las reacciones más importantes que se presenta en los ácidos grasos principalmente insaturados y se considera la principal problemática del consumo de aceites que han sido expuestos a tratamiento térmico. En las freidoras al aire libre, el oxígeno del aire entra constantemente en contacto con los ácidos grasos generando oxidación en sus dobles enlaces. El resultado de la reacción es la formación de compuestos

hidroperóxidos o peróxidos y radicales libres en la etapa inicial, mismos que conducen a etapas posteriores de degradación (González et al., 2012; Sam Saguy & Dana, 2003).

Se debe tener presente que la oxidación consta de tres fases características iniciación, propagación y terminación, que se detallan a continuación.

- **Fase de iniciación:** Comienza con la degradación de un ácido graso en donde un hidrógeno alílico es extraído de la cadena lipídica produciendo radicales libres activos. Esta reacción es inducida por la influencia de factores como la elevada temperatura, la humedad, la luz o la presencia de iones metálicos oxidantes como Cu y Fe. El radical libre resultante actúa como iniciador de una cadena de reacciones que generan más radicales libres, que al entrar en contacto con el oxígeno atmosférico dan lugar a compuestos de oxidación primaria que son los peróxidos o hidroperóxidos (Figura 1)(González et al., 2012; Landines & Zambrano, 2009; Sam Saguy & Dana, 2003; Yagüe Aylón, 2003).

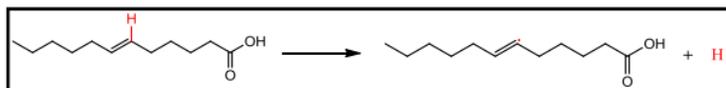


Figura 1. Fase de iniciación de la autooxidación. *Fuente:* (González et al., 2012)

- **Fase de propagación:** Los peróxidos formados en la fase inicial reaccionan nuevamente con el oxígeno o con otras cadenas de ácidos grasos provocando una reacción en cadena. El oxígeno ocupa el lugar que deja el hidrógeno desplazado en la fase inicial dando lugar al radical peróxido. El radical peróxido tiene la capacidad de atacar a otro ácido graso formando un hidroperóxido y un radical libre que continúa con la reacción en cadena (Figura 2)(González et al., 2012; Sam Saguy & Dana, 2003; Yagüe Aylón, 2003)

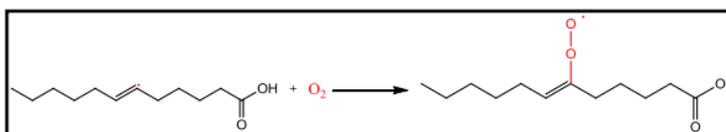


Figura 2. Fase de propagación 1. Reacción con el oxígeno. *Fuente:* (González et al., 2012)

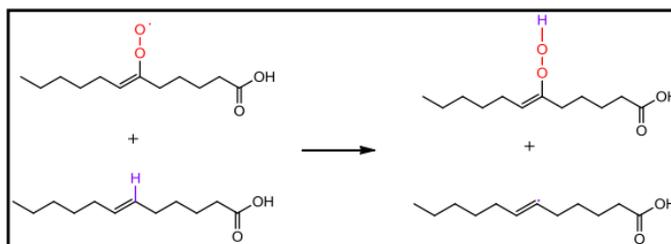


Figura 3. Fase de propagación 2. Reacción del radical peróxido *Fuente:* (González et al., 2012)

- **Fase de Finalización:** Finalmente en la fase de terminación se da la unión de dos radicales libres, lo que da lugar a la formación de compuestos secundarios de tipo aldehído, cetona alcoholes y polímeros, entre otros, indicadores de la degradación secundaria del aceite, constituyendo un mayor riesgo de toxicidad (González et al., 2012; Rojas & Treguear, 2001; Sam Saguy & Dana, 2003) (Figuras 4 y 5).

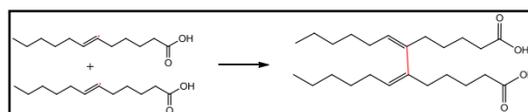


Figura 4. Fase de finalización 1. Unión de dos radicales libres. *Fuente:* (González et al., 2012)

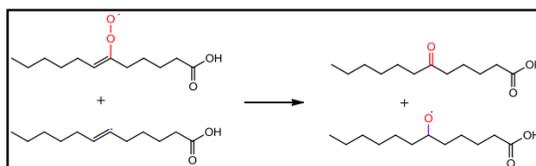


Figura 5. Fase de finalización 2. Formación de compuestos secundarios. *Fuente:* (González et al., 2012)

1.7.3 Polimerización

Otro de los cambios que experimentan los aceites es la polimerización, en la que los radicales libres tienden a combinarse entre sí o con otros ácidos grasos y a formar compuestos lineales, más o menos largos y ramificados, o compuestos cíclicos, especialmente cuando existen dobles enlaces. La ciclación de las moléculas de los ácidos grasos es una de las reacciones



principales que se produce por el tratamiento térmico intenso que supone la fritura (González et al., 2012; Yagüe Aylón, 2003).

1.8 Absorción del aceite en los alimentos

La absorción del aceite por los alimentos durante proceso de fritura, variará dependiendo de distintos factores como el tipo de aceite, composición del alimento, la temperatura y el tiempo de fritura (Cocio Pulgar, 2006). El aceite se absorbe en el alimento por reemplazo de agua y por condensación.

- **Mecanismo de reemplazo de agua:** Al experimentar el alimento a una transferencia de calor por el aceite de fritura, el alimento alcanza una temperatura a la que el agua se evapora rápidamente de su superficie externa. Entonces se produce una región externa deshidratada y otra interna hidratada. La humedad se transforma en vapor, que al acumularse crea un gradiente de presión positiva que abre los capilares presentes en su estructura liberando el vapor; entonces, al estar ocupados por vapor de agua se impide el ingreso del aceite. En conclusión, un alimento absorbe menor volumen de aceite, cuando mayor es su contenido de agua. (Montes et al., 2016).
- **Fase de enfriamiento o condensación:** Finalizado el tiempo de fritura el alimento es retirado del aceite caliente. Al enfriarse el centro del alimento el vapor de agua interno condensa, llevando a la disminución la presión interna que provocará un efecto de vacío. El vacío actúa aspirando el aceite de la superficie del alimento, quedando incorporado en mayor cantidad en su parte interna (Montes et al., 2016)

1.8.1 Factores que afectan a la absorción del aceite

Numerosos factores se asocian durante el proceso de fritura afectando la absorción del aceite por parte del alimento, los más destacados son los siguientes:

1.8.1.1 Tiempo de cocción: Es un factor cuyo efecto radica en el contacto que tiene el alimento con el aceite, de donde a mayor temperatura, mayor será la absorción del aceite. Además, el tiempo de cocción tiene un efecto sobre la degradación del aceite. Si el aceite se encuentra por más tiempo en contacto con el alimento el deterioro del aceite será mayor. Para



disminuir los tiempos de fritura se utiliza el aumento de la temperatura (Montes et al., 2016; Tirado et al., 2012).

1.8.1.2 Temperatura de cocción: A temperaturas habituales de fritura no suele existir cambios significativos. Sin embargo, mientras mayor sea la temperatura menor será la absorción del aceite. El aumento de temperatura sobre los 200 °C acelerará la degradación del aceite. La temperatura va a ser inversa al tiempo de cocción, por lo tanto, al aumentar de temperatura el tiempo de cocción será menor y viceversa, lo que influenciará también en la calidad del aceite (Montes et al., 2016; Tirado et al., 2012).

1.8.1.3 Características del alimento: La absorción del aceite dependerá del contenido de agua presente en el alimento, la porosidad, la superficie de contacto y todos los factores propios del alimento que intervengan en el proceso de pérdida de agua y la posterior absorción del aceite. El estado del alimento tiene importancia, dependerá si está congelado, pre-cocido o fresco. (Montes et al., 2016; Tirado et al., 2012).

1.8.1.4 Calidad del aceite: La calidad del aceite influye en la formación de compuestos de degradación. La presencia de ácidos grasos insaturados, principalmente ácidos grasos monoinsaturados, disminuirá la velocidad de degradación del aceite, ya que estos ácidos grasos son más estables a temperaturas altas (Montes et al., 2016).

1.9 Normativa para aceites utilizados durante los procesos de fritura

La Norma Ecuatoriana NTE INEN 34:2012 “Mezcla de aceites vegetales comestibles. Requisitos” específica que para mezclas de aceites comestibles para su comercialización debe contener un valor de índice de peróxidos máximo de 10 mEqO/Kg de aceite (INEN 34, 2012).

Según Norma del CODEX para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales CODEX STAN 19-1981 (Rev. 2-1999), el índice de peróxidos para aceites vírgenes, grasas y aceites prensados en frío, deben tener como valor máximo 15 mEqO/Kg de aceite y para otras grasas y aceites el valor máximo es de 10 mEqO/Kg de aceite (CODEX, 1981).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cuando los aceites han sido utilizados en el proceso de fritura, la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2678:2013 “Grasas y aceites comestibles reutilizados” especifica que para la mezcla de aceites que se utilizan varias veces en la fritura de alimentos que se debe analizar la presencia de compuestos polares cuyo valor máximo no deben superar un 24 % y el valor de ácidos grasos libres máximo permitido es de 3 %. En esta norma no existe un valor máximo permitido para el índice de peróxidos (INEN 2678, 2013).

Estudios han demostrado que al almacenar el aceite empleado en la fritura de papas a temperatura ambiente por un período de 180 días, el índice de peróxidos sobrepasa el valor de 40 mEqO/kg más olor y sabor rancio (Paz et al., 2001; Rivera, Gutiérrez, Gómez, Matute, & Izaguirre, 2014).



2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de estudio

El presente trabajo es un estudio cuantitativo analítico experimental. Se aplicó un diseño experimental factorial 2^K , en donde K representa el número total de variables que se estudió a dos niveles. Se generan 8 condiciones experimentales basadas en la combinación de tres variables a dos niveles.

2.2 Métodos

2.2.1 Diseño experimental

El diseño aplicado fue de tipo factorial 2^3 (Lundstedt et al., 1998), planteado para evaluar la influencia de las variables sobre el comportamiento del aceite en la fritura de papas en forma de bastón. Se establecieron tres variables independientes que fueron: tiempo de uso del aceite (horas), temperatura de fritura ($^{\circ}\text{C}$) y ausencia o presencia de vienesa durante la fritura de las papas. Los dos niveles contemplaron un valor máximo y un mínimo (Tabla 2). Por lo tanto, el diseño factorial resultó en ocho experimentos correspondientes al producto de 2 niveles del tiempo de uso del aceite por 2 niveles de la temperatura de fritura y por 2 niveles de ausencia o presencia de vienesa durante la fritura (Tabla 3). Para estimar el error experimental se realizaron dos réplicas por experimento dando un total de 16 experimentos del proceso de la elaboración de papas fritas.

En las muestras de aceite de cada condición experimental y sus réplicas se midió el índice de peróxidos por triplicado, dando un total de 48 determinaciones. Además se cuantificó el contenido de grasa total en las papas fritas resultantes de cada condición experimental dando un total de 24 determinaciones, para finalmente estimar el riesgo de exposición a peróxidos a través del consumo de papas fritas.

**Tabla 2.** Variables y dominio experimental

Variables	Dominio experimental	
	Mínimo (-1)	Máximo (+1)
X ₁ : Tiempo (h)	3	72
X ₂ : Temperatura (°C)	140	225
X ₃ : Vienesas (Ausencia/Presencia)	0	1

Tabla 3. Combinación de las variables para el diseño experimental 2³

Experimentos	Matriz de experimentos			Plan de experimentación		
	#	X ₁	X ₂	X ₃	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
1	-	-	-	3	140	0
2	+	-	-	72	140	0
3	-	+	-	3	225	0
4	+	+	-	72	225	0
5	-	-	+	3	140	1
6	+	-	+	72	140	1
7	-	+	+	3	225	1
8	+	+	+	72	225	1

Para interpretar como influyen las variables en el proceso y su interacción, se siguió el modelo (Lundstedt et al., 1998):

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

2.2.2 Preparación de la muestra

Para el estudio se utilizó papa (*Solanum tuberosum*) de variedad superchola pelada y cortada en forma de bastón. La fritura se realizó con un aceite de soya y oleína de palma refinada, blanqueado y desodorizado con antioxidante butilhidroxitolueno (BHT). El proceso de fritura de papas se realizó siguiendo el esquema establecido en base a las condiciones reales de fritura. En este esquema constan los parámetros bajo los cuales se llevaron a cabo cada uno de los experimentos (Anexo 1).



Tanto el tipo de papa, el aceite y las condiciones de fritura correspondieron a los datos de mayor uso en lugares de expendio de papas fritas en la ciudad de Cuenca, proporcionados por el Grupo de Investigación “Alimentación, Nutrición y Salud” del Departamento de Biociencias de la Universidad de Cuenca.

Para la fritura de papas se emplearon pailas de aluminio y una cocina de gas como fuente de calor. Se pelaron las papas y fueron introducidas en agua. Luego se procedió a lavar las papas con agua potable y se picaron empleado una picadora manual para conseguir un tamaño uniforme. Una vez picadas, las papas fueron colocadas en agua limpia hasta el momento de la fritura.

Cinco minutos previos a la fritura, las papas se colocaron en un colador para escurrir el exceso de agua. Se pesaron 250 ± 1 g para cada fritura. Al inicio del proceso el volumen de aceite fue de 1250 litros y no se repuso el volumen de aceite consumido durante el día. En los experimentos con un tiempo de uso del aceite de 72 horas, se midió el volumen resultante por la noche y por la mañana del día siguiente se repuso el volumen hasta completar 1250 litros.

Para los experimentos a temperatura de 140 °C, el tiempo de fritura de las papas fue de 10 minutos. Los experimentos con vienesa, ésta fue colocada 3 minutos antes de que concluya la fritura. Por otro lado, para una temperatura de 225 °C, el tiempo de fritura de las papas fue de 5 minutos y la vienesa se colocó 2 minutos antes de que concluya la fritura. El peso de la vienesa fue de 20 - 25 g.

Una vez fritas las papas, se las colocó en un colador para escurrir el exceso del aceite, mismo que fue devuelto a cada paila.

El aceite y las papas de la última fritura de cada paila de los distintos experimentos fueron almacenados para su posterior análisis. El aceite se enfrió hasta que alcance la temperatura ambiente, se filtró y envasó en frascos de vidrio ámbar que fueron sellados con nitrógeno gaseoso para detener la oxidación durante el almacenamiento en refrigeración a 4 °C. Las papas fritas se colocaron en una funda con cierre hermético y fueron congeladas a -20 °C.



2.2.3 Determinación del índice de peróxidos

2.2.3.1 Fundamento

La determinación del índice de peróxidos constituye la medida de los radicales libres que se forman en las fases iniciales de la oxidación lipídica permitiendo evaluar el grado de oxidación. El índice de peróxidos se determina mediante un método yodométrico, en el que se mide el volumen de tiosulfato de sodio consumido en la reducción del yodo formado durante la reacción de oxidación inicial de yoduro a yodo por acción de los peróxidos contenidos en el aceite.

A través de este método la concentración de los peróxidos se expresa como mili equivalentes químicos de oxígeno por kilo de grasa (mEqO/Kg grasa) (AOAC 965.33, 1995).

2.2.3.2 Materiales

- Erlenmeyer de 250 ml
- Pipetas serológicas de 1 y 10 ml
- Probetas
- Vasos de precipitación
- Bureta
- Soporte y pinza para bureta
- Papel Filtro

2.2.3.3 Equipos

- Balanza analítica BOECO BBL31
- Estufa MEMMERT 100-800

2.2.3.4 Reactivos

- Mezcla de ácido acético glacial (CH_3COOH) - Cloroformo (CHCl_3) en volúmenes 3:2
- Solución saturada de yoduro de potasio (KI)
- Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N y 0,01 N

- Solución de almidón al 1%
- Agua destilada

2.2.3.5 Preparación de reactivos (Anexo 2)

2.2.3.6 Preparación de la muestra de aceite

Las muestras de aceite líquidas, claras y sin sedimento se homogenizaron varias veces por inversión del recipiente que los contenía. Para las muestras que eran líquidas, turbias y con sedimento, se colocó el recipiente que lo contenía a 50 °C en la estufa por 10 minutos. Luego se homogenizó por inversión del recipiente y, si no se observaba un aspecto claro y sin sedimento se filtró dentro de la estufa a 50 °C (Figura 6).



Figura 6. Preparación de muestras de aceite líquidas, turbias y con sedimento. *Fotografía: Los autores.*

2.2.3.7 Procedimiento

El procedimiento de análisis para determinar el índice de peróxidos en el aceite utilizado en el proceso de fritura de papas se esquematiza a continuación (Figura 7).

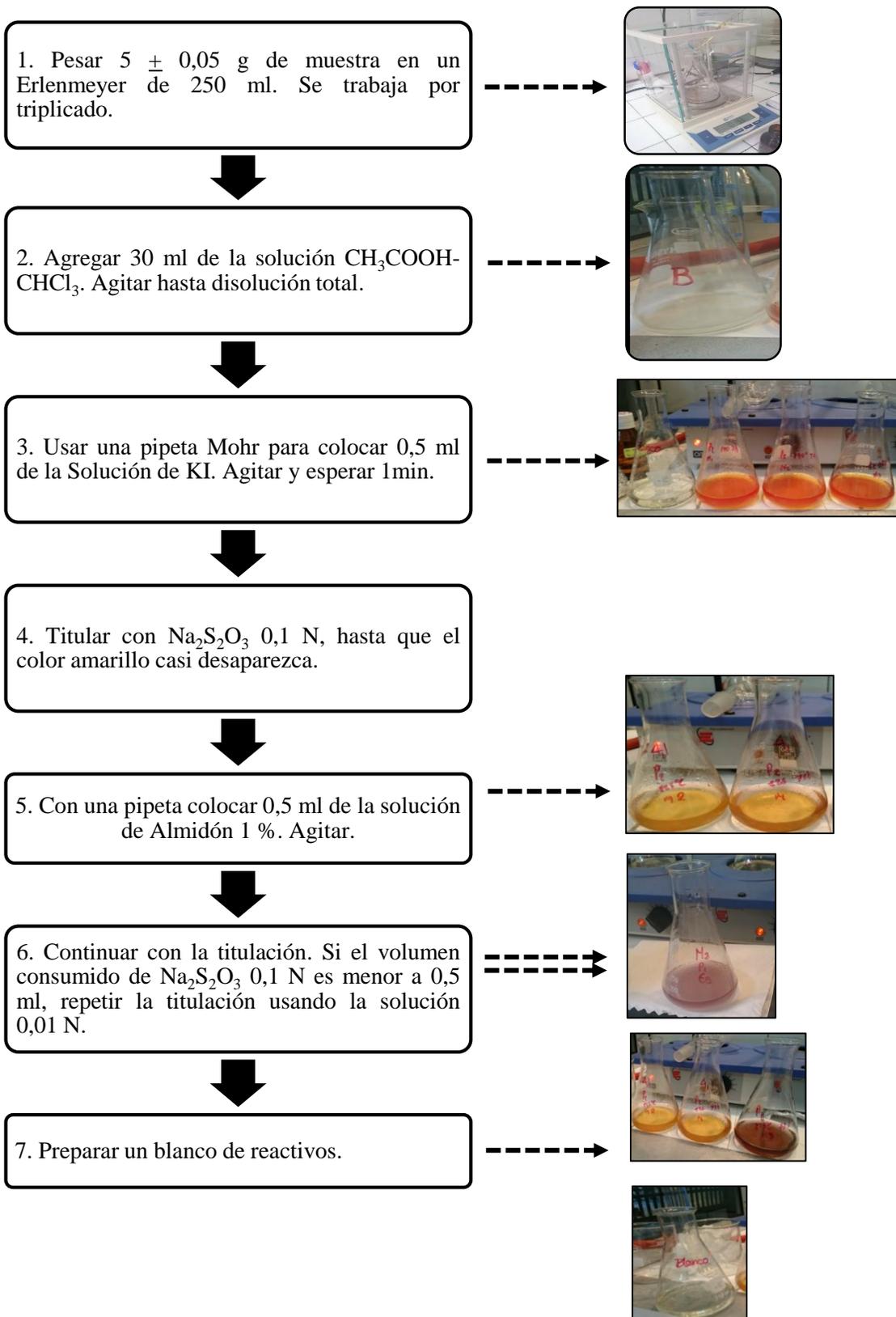




Figura 7. Esquema del procedimiento de análisis de índice de peróxidos. *Fotografía:* Los autores. *Fuente:* (AOAC 965.33, 1995)

2.2.3.8 Cálculo

$$IP = \frac{(V_{\text{muestra}} - V_{\text{blanco}}) * N_{Na_2S_2O_3}}{m_{\text{muestra}}} \times 1000$$

2.2.4 Determinación del contenido de grasa total

2.2.4.1 Fundamento

El método de Soxhlet que consiste en una extracción semi-continua de la grasa usando un disolvente orgánico apolar que se calienta en un matraz, volatiliza y condensa goteando sobre la muestra hasta que ésta quede sumergida en el disolvente. El disolvente líquido condensado llega a cierto nivel de donde es sifonado de regreso al matraz de calentamiento para empezar el proceso nuevamente.

El contenido de grasas total se calcula por gravimetría por ganancia de peso del matraz y se expresa como porcentaje de lípidos totales (%), que representa los gramos de grasa contenidos en 100 g de alimento (INEN 523, 1980).

2.2.4.2 Materiales

- Vasos de precipitación
- Embudos
- Erlenmeyer de 1000 ml
- Papel filtro
- Luna de vidrio
- Probetas

2.2.4.3 Equipos

- Equipo de extracción Soxhlet Electrothermal CEBX1
- Balanza analítica BOECO BBL31
- Estufa MEMMERT 100-800



- Rotavapor HEIDOLPH LABOROTA 4000 EFFICIENT

2.2.4.4 Reactivos

- Ácido clorhídrico (HCl) 25%
- Éter de petróleo
- Agua destilada

2.2.4.5 Preparación de reactivos (Anexo 2)

2.2.4.6 Procedimiento

El procedimiento de análisis para extracción del aceite absorbido por las papas fritas de cada uno de los experimentos se esquematiza a continuación (Figura 8 y 9).

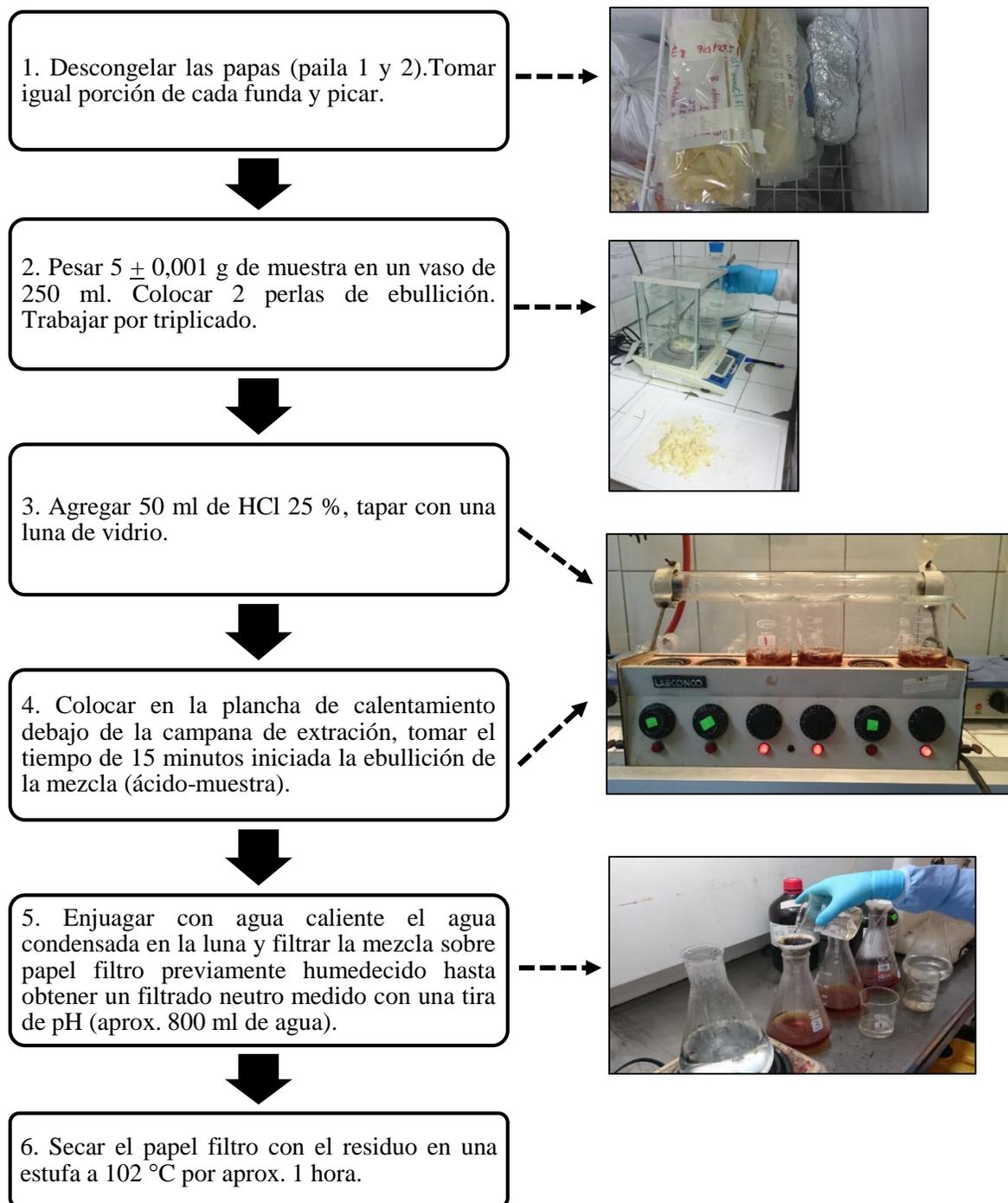


Figura 8. Esquema de la digestión para el aislamiento de grasa en la muestra de papas fritas. **Fuente:** (INEN 523, 1980) **Fotografía:** Los autores.

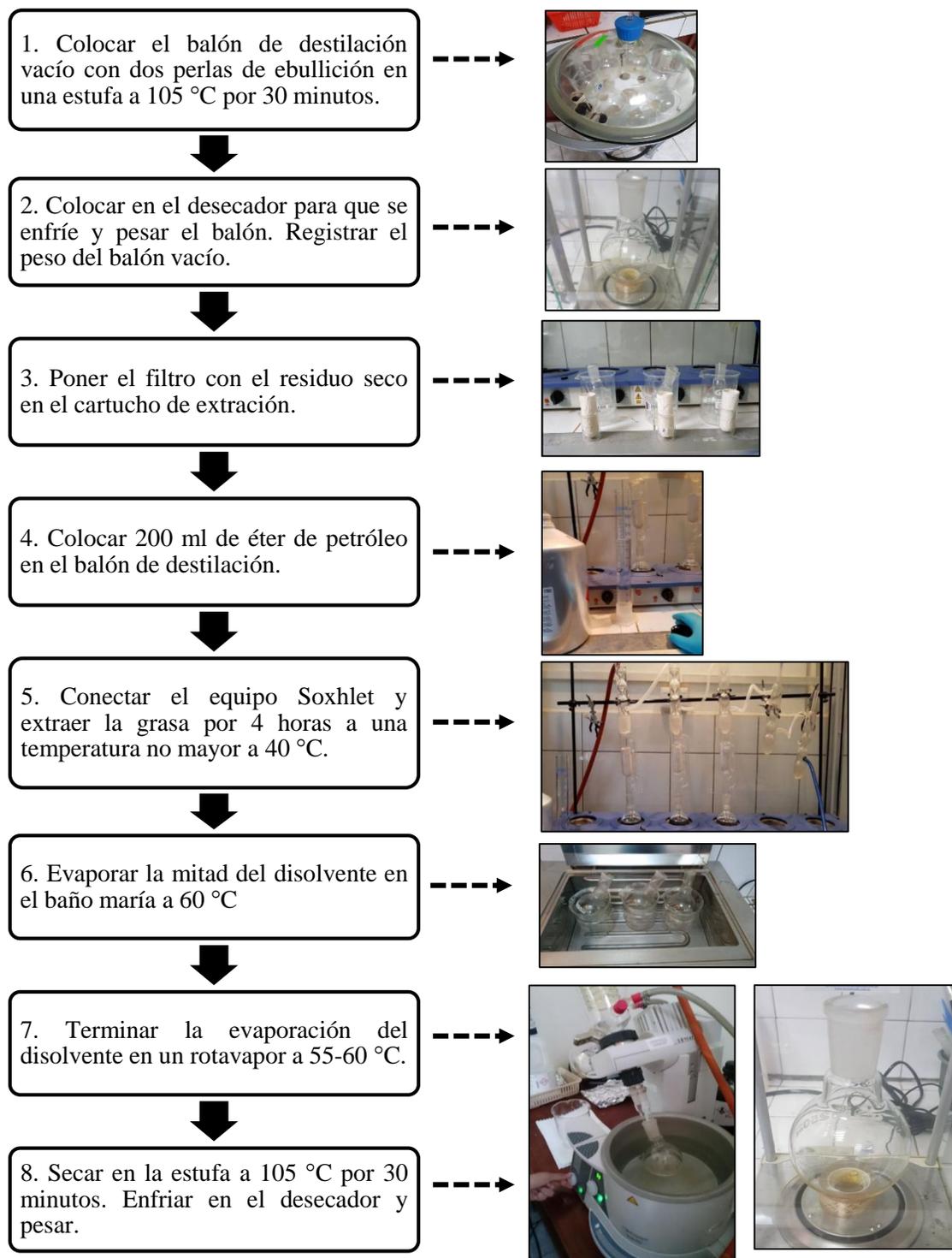


Figura 9. Esquema de destilación para la extracción de la grasa en la muestra. **Fuente:** (INEN 523, 1980) **Fotografía:** Los autores.



2.2.4.7 Cálculo

$$g \text{ grasa}/100g \text{ alimento} = \frac{(m_{\text{balón+muestra}} - m_{\text{balón vacío}})}{m_{\text{muestra}}} \times 100$$

2.2.5 Estimación del riesgo de exposición dietario a peróxidos

Se realizó mediante el método determinístico que consistió en la estimación puntual de la exposición asumiendo para el cálculo un valor promedio del parámetro de exposición (peróxidos) y un valor promedio del consumo del alimento de interés (papas fritas). La ecuación general para la exposición alimentaria usada:

$$\text{Exposición dietética} = \frac{\Sigma (\text{Concentración de la sustancia química en los alimentos} \times \text{Consumo de alimentos})}{\text{peso corporal (kg)}}$$

Específicamente, el valor promedio del consumo de papas fritas en la zona de estudio en la ciudad de Cuenca se tomó de la literatura, y el valor del contenido de peróxidos en las papas fritas se calculó para cada condición experimental asumiendo que el contenido total de grasa en las papas fritas corresponde al aceite absorbido cuya concentración de peróxidos fue analizada en el aceite (FAO/OMS, 2009).

2.3 Análisis estadístico

Los resultados del modelo aplicado se presentan en función de la ecuación para el diseño experimental factorial 2^3 , en donde a través de los coeficientes se describe como las variables experimentales y sus interacciones influyen en la respuesta del índice de peróxidos. Las diferencias en el valor resultante de índice de peróxidos según las 8 diferentes condiciones experimentales se evaluaron mediante análisis de varianzas de tres factores (ANOVA) empleando el Software Estadístico Minitab 17, con un nivel de significancia del 5 %.

Los cálculos de la estimación de riesgos de consumo se realizaron en el programa Microsoft Excel. También, se comparó la exposición según la temperatura de fritura de las papas fritas mediante una prueba t de Student de 2 colas.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de índice de peróxidos

La medición del índice de peróxidos se hizo a partir de muestras de aceite tras someterlo a diferentes condiciones experimentales para la preparación de papas fritas (fritura profunda). Estas condiciones correspondían a un diseño experimental factorial 2^3 (8 experimentos) desarrollados por duplicado como estimación del error experimental (16 experimentos en total). El índice de peróxidos se determinó por triplicado de cada muestra, dando un total de 48 determinaciones.

La influencia de las variables experimentales en la producción de peróxidos según los dos niveles de cada factor estudiado (temperatura, tiempo de fritura y ausencia/presencia de vienesa) se evaluaron mediante la ecuación del modelo factorial 2^3 , para lo cual se utilizó la matriz experimental que se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Matriz de experimentos y respuesta del índice de peróxidos.

Experimentos	I	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	Peróxidos (mEqO/kg)
1	+	-	-	-	+	+	+	-	39,1
2	+	+	-	-	-	-	+	+	37,5
3	+	-	+	-	-	+	-	+	5,2
4	+	+	+	-	+	-	-	-	7,6
5	+	-	-	+	+	-	-	+	40,1
6	+	+	-	+	-	+	-	-	44,5
7	+	-	+	+	-	-	+	-	8,8
8	+	+	+	+	+	+	+	+	6,1

X₁ = Tiempo (horas)

X₂ = Temperatura (140-225 °C)

X₃ = Salchicha (0 = Ausencia, 1 = Presencia)

Los efectos “y” de las variables experimentales sobre la variable respuesta (índice de peróxidos) fueron calculados empleando los signos de las columnas indicados en la Tabla 4 y se aplicó la siguiente ecuación:



$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

En donde el cálculo para el valor medio del índice de peróxidos en los experimentos b_0 es:

$$b_0 = 1/8 (+39,1+37,5+5,2+7,6+40,1+44,5+8,8+6,1) = 23,6125$$

Cálculo del efecto de cada variable sobre la respuesta del índice de peróxidos:

$$b_1 = 1/8 (-39,1+37,5-5,2+7,6-40,1+44,5-8,8+6,1) = 0,3125$$

$$b_2 = 1/8 (-39,1-37,5+5,2+7,6-40,1-44,5+8,8+6,1) = -16,6875$$

$$b_3 = 1/8 (-39,1-37,5-5,2-7,6+40,1+44,5+8,8+6,1) = 1,2625$$

Cálculo del efecto de la interacción de las variables sobre la respuesta del índice de peróxidos:

$$b_{12} = 1/8 (+39,1-37,5-5,2+7,6+40,1-44,5-8,8+6,1) = -0,3875$$

$$b_{13} = 1/8 (+39,1-37,5+5,2-7,6-40,1+44,5-8,8+6,1) = 0,1125$$

$$b_{23} = 1/8 (+39,1+37,5-5,2-7,6-40,1-44,5+8,8+6,1) = -0,7375$$

$$b_{123} = 1/8 (-39,1+37,5+5,2-7,6+40,1-44,5-8,8+6,1) = -1,3875$$

Los efectos calculados son reemplazados en la ecuación:

$$y = 23,61 + 0,31x_1 - 16,69x_2 + 1,26x_3 - 0,39x_1x_2 + 0,11x_1x_3 - 0,74x_2x_3 - 1,39x_1x_2x_3$$

El modelo nos indica que los efectos de x_1 y x_3 no tuvieron influencia dentro del índice de peróxidos. Además, muestra que la variable x_2 (la temperatura de fritura) fue la que presentó la mayor influencia con respecto al índice de peróxidos. El signo negativo indica que la influencia indirecta de la variable, al aumentar la temperatura de fritura el índice de peróxidos disminuye.

Se observó además que la interacción conjunta de las variables x_1x_2 y x_2x_3 tuvo una incidencia negativa en el modelo, debido al marcado efecto antagónico de x_2 sobre la respuesta del índice de peróxidos. Del mismo modo, el efecto que generó la combinación de $x_1x_2x_3$ resultó ser indirecto por la alta influencia x_2 .

En particular, el valor de índice de peróxido del experimento 6 (140 °C) fue el más alto de todos los experimentos realizados (44,5 mEqO/Kg de aceite) y el resultado inferior (5,2 mEqO/Kg de aceite) se observó en el experimento 3 (225 °C), lo que evidenciaría que el aceite a la temperatura mayor pasó a las subsecuentes etapas de degradación.



El cociente entre la diferencia de la máxima y la mínima respuesta al índice de peróxidos de los ocho experimentos (39,3 mEqO/Kg de aceite) y la diferencia entre los dos niveles de temperatura de fritura (85 unidades) indicó que el índice de peróxidos disminuyó aproximadamente 0,46 mEqO/kg por unidad de temperatura que se aumentó en el rango de 140 a 225 °C.

En un estudio comparativo sobre la estabilidad de diferentes aceites vegetales durante la fritura de papas a 180°C se reportó que la cantidad de peróxidos aumentó hasta un punto de concentración máxima y luego inició una disminución como consecuencia de una transformación a otros compuestos químicos de degradación secundaria (Valenzuela, 2003). Otros autores analizaron la variación del índice de peróxidos en aceites usados en fritura de papas a 190°C durante 125 minutos. Confirmando que la disminución de los peróxidos se atribuyó a la formación de compuestos de degradación secundaria (Karakaya & Şimşek, 2011). Estudios han demostrado que la degradación del aceite utilizado en el proceso de fritura es directamente proporcional a la temperatura. En particular, se ha reportado que la oxidación de los ácidos grasos en aceites comestibles se acelera al aumentar la temperatura por encima de los 60 °C, estableciendo que la velocidad de oxidación se duplica por cada aumento de 15 °C de temperatura (González et al., 2012). Sin embargo, se debe considerar que la oxidación se da por etapas y que los compuestos formados en cada etapa van variando conforme avance la oxidación.

Se realizó además en este estudio, una prueba estadística de análisis de varianza (Tabla 5), mediante la cual se observó que la única variable que tuvo una influencia estadísticamente significativa sobre el índice de peróxidos fue la temperatura de fritura ($P < 0,001$).

**Tabla 5.** Influencia de los factores estudiados en el índice de peróxidos.

	Grados de libertad	Valor F	Valor P
Modelo	7	64,50	<0,001
Lineal	3	149,11	<0,001
Tiempo	1	0,15	0,706
Temperatura	1	444,68	<0,001
Vienesas	1	2,5	0,152
2 Interacciones	3	0,36	0,784
Tiempo*Temperatura	1	0,25	0,632
Tiempo*Vienesas	1	0,02	0,884
Temperatura*Vienesas	1	0,81	0,395
3 Interacciones	1	3,07	0,118
Tiempo*Temperatura *Vienesas	1	3,07	0,118
Error	8		
Total	15		

En el presente estudio no se observaron asociaciones estadísticamente significativas entre los valores de índice de peróxido en el aceite y tiempo de fritura ($P=0,706$). Sin embargo, se observó una cierta tendencia en el cambio del índice de peróxidos con respecto al tiempo de fritura a $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, que inició con un aumento paulatino (medición a las 3 horas) hasta que disminuyó (medición a las 72 horas) regresando a valores de la medición inicial, por lo que puede estimarse que pasó a una etapa de degradación secundaria. Por otro lado, esta tendencia no fue observada en los experimentos a $225\text{ }^{\circ}\text{C}$ asumiéndose que la etapa de degradación secundaria aparecía en tiempo más cortos que los estudiados.

Con respecto a la fritura con vienesa, no se observó una diferencia estadísticamente significativa el valor de índice de peróxidos según la ausencia/presencia de vienesa en el aceite durante la fritura de papas ($P=0,152$). Se ha reportado además que la cantidad de peróxidos varía de acuerdo al tiempo de fritura, siendo la oxidación directamente proporcional al número de ciclos de fritura y que al llegar a un punto de concentración de

peróxidos máxima inicia el proceso de degradación secundaria, con la consecuente disminución de los peróxidos (Valenzuela 2003).

Al analizar la interacción entre dos variables, y las tres variables en conjunto, no se obtuvo influencia estadísticamente significativa sobre el índice de peróxidos. Mediante la gráfica de Pareto de los efectos estandarizados se ilustra el efecto decreciente de las variables y sus interacciones demostrando que la temperatura es la única que tiene influencia dentro del modelo, con un valor de significancia de 0,05 (Figura 10).

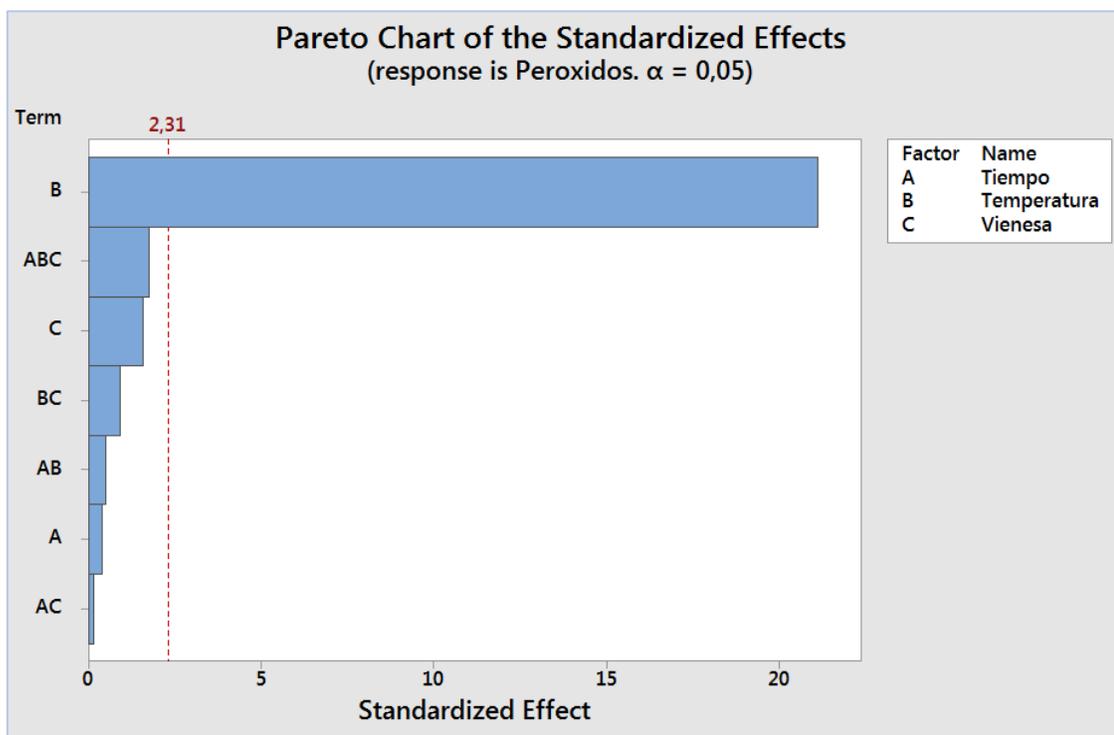


Figura 10. Diagrama de Pareto de los efectos estandarizados de las variables con respecto al índice de peróxidos.

Lo antes mencionado evidencia la complejidad del proceso de degradación del aceite, por lo que sería necesario evaluar los indicadores químicos de las etapas posteriores de la degradación de los aceites durante la fritura de papas en forma de bastón siguiendo los parámetros usuales a nivel local. Varios estudios respaldan dicha complejidad. Entre estos está un estudio de la estabilidad de diferentes aceites vegetales, en el que se analizó su



degradación posterior en el uso por fritura de papas fritas a 180°C, mediante la determinación de índice de peróxidos, sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, compuestos polares y acidez libre. Se observó que, de los aceites estudiados, el aceite de girasol de alto oleico de marca Natreon poseía mayor estabilidad térmica, seguido del aceite de oliva, un aceite parcialmente hidrogenado AVH y el de menor estabilidad fue el aceite de girasol convencional (Valenzuela et al., 2003).

En otro estudio se evaluó las modificaciones fisicoquímicas tras la fritura doméstica de patatas pre-fritas congeladas utilizando aceite de oliva extra virgen. En este estudio se analizó además la formación del contenido de fenoles que son antioxidantes naturales de los aceites y se añaden para mejorar la estabilidad frente a la oxidación. El resultado de este estudio fue que el contenido de fenoles disminuyó a lo largo de los ciclos de fritura (Sánchez, Benito, Vercet, & Oria, 2008). Un estudio similar con aceite de avellana, maíz y oliva utilizado para la fritura de papas durante 125 minutos a una temperatura de 190 °C, analizó las muestras tomadas en ciclos de 25 minutos para compuestos polares, índice de peróxidos y fenoles. La mayor alteración de fenoles se produce después de 50 minutos de fritura (Karakaya & Şimşek, 2011).

Un estudio realizado con aceites de palma rojo no hidrogenado, girasol y oliva, en fritura profunda de papas, se analizó la emisión de acroleína como indicador de compuestos volátiles potencialmente tóxicos. El incremento de la emisión de acroleína fue mayor y progresivo en el aceite de palma en el rango de temperatura de 180 a 240 °C (Andreu-Sevilla, Hartmann, Burló, Poquet, & Carbonell-Barrachina, 2009).

Finalmente, se ha reportado el análisis de anisidina como indicador de productos de oxidación secundario (polímeros y compuestos carboxílicos no volátiles) en la fritura de papas en aceites de girasol, soya y oleína de palma a una temperatura de 185 °C por un tiempo de 8 horas. El valor de anisidina en la oleína de palma fue 1,7 veces mayor que los otros aceites (Aladedunye & Przybylski, 2014).



3.3 Estimación del riesgo de exposición dietaria a peróxidos

La exposición dietaria a peróxidos mediante el consumo de papas fritas en bastón se evaluó mediante una estimación determinística tomando como punto de referencia el consumo promedio de papas fritas de la ciudad de Cuenca que fue 0,0023 kg papa/kg de peso al día (dato proporcionado por el Grupo de Investigación “Alimentación, Nutrición y Salud”, Departamento de Biociencias, Universidad de Cuenca). Además se asumió que toda la materia grasa determinada en las papas fritas correspondía al aceite absorbido durante la fritura. Los resultados de esta estimación se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Estimación del riesgo de exposición dietaria a peróxidos para cada experimento con sus réplicas

Experimento	Promedio del contenido de aceite en papas fritas (g/100 g)	Promedio del contenido de peróxidos (mEqO) por kg de aceite de fritura	Promedio del contenido de peróxidos (mEqO) por kg de papas fritas	Exposición dietaria a peróxidos mediante el consumo de papas fritas (mEqO / peso corporal (kg) / día)
1 (140°C; 3h; 0)	8,31	39,14	3,25	0,00750
2 (140°C; 72h; 0)	7,40	37,54	2,75	0,00641
3 (225°C; 3h; 0)	5,76	5,18	0,30	0,00069
4 (225°C; 72h; 0)	7,22	7,55	0,55	0,00126
5 (140°C; 3h; 1)	10,02	40,06	4,01	0,00926
6 (140°C; 72h; 1)	6,20	44,48	2,76	0,00636
7 (225°C; 3h; 1)	8,30	8,80	0,73	0,00163
8 (225°C; 72h; 1)	4,91	6,09	0,30	0,00069

0 ausencia de vienesa**1** presencia de vienesa



Para comparar el nivel de exposición a peróxidos, se requeriría un margen de exposición o límite máximo de Ingesta Diaria Tolerable (TDI). Al no existir este valor, la alternativa es usar el cociente entre Nivel sin efecto adverso observable (NOAEL) y el Margen de Seguridad (MOS). El Comité Científico Veterinario de Salud Pública de España (SCVPH) ha establecido el NOAEL en animales para peróxidos de 26 mEqO/kg PC/día, que puede ser comparable con el nivel al cual el humano está expuesto. Un valor de MOS de 1000 es el que se usa habitualmente cuando existe la limitada información toxicológica (Rovira et al., 2011). Por lo tanto, para este estudio se utilizó el cociente entre NOAEL y el MOS resultante de 0,026mEq/kg PC/día. Al comparar este valor con los obtenidos para cada experimento en el presente estudio, los valores obtenidos no superan el estimado límite de exposición.

Se evaluó si la exposición dietaria a peróxidos mediante el consumo de papas fritas variaba según la temperatura de la fritura. Se observó que esta variación fue estadísticamente significativa (*t-test*, $P < 0,001$), siendo mayor la exposición para la fritura 140 °C (Tabla 7). Sin embargo, esta exposición no superó el cociente NOAEL/MOS estimado.

Tabla 7. Exposición a peróxidos por el consumo de papas fritas en función de la temperatura de fritura

Temperatura (°C)	Media \pm DE	95% IC	Valor de P
140	0,007 \pm 0,0013	(0,0065; 0,0082)	P<0,001
225	0,001 \pm 0,0004	(0,0007; 0,0013)	



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se utilizó el índice de peróxidos como indicador de degradación primaria de aceites vegetales utilizados en procesos de fritura profunda de papas fritas bajo condiciones experimentales (tiempo de uso, temperatura de fritura y ausencia/presencia de vienesa) en los cuales se realizaron ciclos de fritura continua y discontinua, calentamiento-enfriamiento del aceite, y reposición diaria de aceite. Los valores máximos de índice de peróxidos se observaron a 140 °C y disminuye al variar la temperatura de 140 °C a 225 °C, siendo la variable que influye en este modelo experimental del tipo factorial 2^3 . No se evidenció cambio en el índice de peróxidos relacionado al tiempo de uso de aceite, sin embargo, se conoce que este parámetro está directamente relacionado con la degradación.

En consecuencia, es necesario realizar mayores estudios para evaluar la degradación de los aceites y establecer las mejores condiciones de uso durante la fritura. Es importante tener presente que en la norma vigente en el Ecuador INEN 2678:2013 “Grasas y aceites comestibles reutilizados” no contemplan valores máximos permitidos de peróxidos, lo que dificulta una comparación con los valores obtenidos en este estudio.

Además, existió una diferencia significativa con la temperatura de fritura en el nivel de exposición dietaria a peróxidos por consumo de papas fritas. Sin embargo, estos resultados no representan un riesgo para la salud del consumidor debido a que fueron menores al valor de Ingesta Diaria Tolerable ($TDI=0,026\text{mEqO/PC (kg)/día}$).



4.2 Recomendaciones

Se recomienda continuar el estudio, ampliando el análisis a otros compuestos de degradación primaria y compuestos de degradación secundaria para estimar el riesgo que estos podrían presentar al consumidor. Por otro lado, se recomienda evaluar este fenómeno en otras condiciones experimentales tales como diferentes intervalos de tiempo, o empleando varios tipos de aceite, con la finalidad de determinar el valor máximo de peróxidos que marcaría el inicio de una etapa de degradación secundaria y que permita comparar su comportamiento de acuerdo a su composición química, respectivamente.



REFERENCIAS

- Aladedunye, F., & Przybylski, R. (2014). Performance of palm olein and modified rapeseed, sunflower, and soybean oils in intermittent deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(2), 144-152.
- Andreu-Sevilla, A., Hartmann, A., Burló, F., Poquet, N., & Carbonell-Barrachina, A. (2009). Health benefits of using red palm oil in deep-frying potatoes: low acrolein emissions and high intake of carotenoids. *Revista de Agaroquímica y Tecnología de Alimentos*, 15(1), 15-22.
- AOAC 965.33. (1995). Valor de peróxidos de aceites y grasa Retrieved from www.eoma.aoac.org
- Arango Parrado, N. (2011). *Análisis de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír papa sabanera tipo francesa.* (Nutricionista Dietista), Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Asitimbay Regalado, M. G., & Astudillo Aguilera, J. C. (2014). *Factores influyentes en la aceleración de la rancidez del aceite utilizado en la preparación de las papas fritas y su relación con la salud de los consumidores en instituciones educativas en la ciudad de Cuenca. 2013.* (Médico), Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Cocio Pulgar, C. E. (2006). *Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Estudio de la distribución del aceite en rodajas de papa frita.* (Ingeniero en Alimentos), Universidad de Chile, Chile.
- CODEX. (1981). Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. *Codex Alimentarius Stan*, 1-5.
- 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).
- FAO/OMS. (2009). Análisis de Riesgos Relativos a la Inocuidad de los Alimentos. In copyright (Ed.), *Análisis de Riesgos Relativos a la Inocuidad de los Alimentos* (pp. 5). Roma.
- González, J., Klee, R., Valle, F., & Artiga, A. (2012). Evaluación de parámetros de deterioro de aceites comestibles salvadoreños en el freído. *Universidad Centroamericana del Salvador. El Salvador.*
- INEN 34. (2012). Mezcla de Aceites Vegetales Comestibles. Requisitos. Primera. Retrieved from http://apps.normalizacion.gob.ec/filesserver/2016/nte_inen_34-2.pdf
- INEN 523. (1980). Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa Retrieved from <https://archive.org/stream/ec.nte.0523.1981?ui=embed#page/n1/mode/2up>
- INEN 2678. (2013). Grasas y aceites comestibles reutilizados. Requisitos. Primera. Retrieved from <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/2678.pdf>
- Karakaya, S., & Şimşek, Ş. (2011). Changes in total polar compounds, peroxide value, total phenols and antioxidant activity of various oils used in deep fat frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(9), 1361-1366.
- Landines, M. Á., & Zambrano, J. A. (2009). La oxidación lipídica en la cadena de producción acuícola. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1, 13-22.



- Lundstedt, T., Seifert, E., Abramo, L., Thelin, B., Nyström, Å., Pettersen, J., & Bergman, R. (1998). Experimental design and optimization. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 42(1), 3-40.
- Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G., & Valenzuela, R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 87-91.
- Navas Sánchez, J. A. (2005). *Optimización y control de la calidad y estabilidad de aceites y productos de fritura*. (Doctorado en Medicamentos, Alimentación y Salud), Universidad de Barcelona, Barcelona, España.
- Paz, R., Masson, L., Romero, N., Dobarganes, M., Izaurieta, M., Ortíz, J., & Wittig, E. (2001). Fritura industrial de patatas críps. Influencia del grado de insaturación de la grasa de fritura sobre la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento. *Grasas y aceites*, 52(6), 389-396.
- Rivera, Y., Gutiérrez, C., Gómez, R., Matute, M., & Izaguirre, C. (2014). Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. *Ciencia e Ingeniería*, 35(3), 157-164.
- Rojas, P., & Treguear, W. (2001). Control de aceites de fritura. *Biblioteca de Ingeniería de los Alimentos*.
- Rovira, R. F., Bermudo, F. M., Cameán, A. M., Fernández, A. C. S., Álvarez, M. D., Marteache, A. H., . . . de Victoria Muñoz, E. M. (2011). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación al uso del peróxido de hidrógeno como coadyuvante tecnológico en el procesamiento de hemo derivados y cefalópodos. *Revista de Comité Científico de Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición*, 15.
- Sam Saguy, I., & Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Revista de Ingeniería en Alimentos*, 56(2), 143-152.
- Suaterna Hurtado, A. C. (2011). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1), 39-53.
- Suaterna Hurtado, A. C. (2011). La fritura de los alimentos: pérdida y ganancia de nutrientes en los alimentos fritos. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 10(1), 77-88.
- Sánchez, A., Benito, M., Vercet, A., & Oria, R. (2008). Aceite de oliva virgen extra del Somontano: evaluación de las modificaciones físico-químicas tras la fritura doméstica de patatas prefritas congeladas. *Grasas y aceites*, 59(1), 57-61.
- Tirado, D., Correa, D., & Guzman, L. (2012). Freído por inmersión de los alimentos. *Revista Reciteia*, 69.
- Valenzuela, A., Sanhueza, J., Nieto, S., Petersen, G., & Tavella, M. (2003). Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites vegetales. *Aceites y grasas*, 13(4), 568-573.
- Venegas, J., Bermúdez, Y., & Rodríguez, N. (2011). Guía de Buenas Prácticas Para Fritura de Alimentos.
- Vives, J. (2003). Puntos críticos en preparación de alimentos fritos en 80 cafeterías del municipio de Medellín. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 9, 23-31.



- Vélez Vinueza, M. J. (2014). *Evaluación del riesgo toxicológico en la variación de la concentración de peróxidos en las diferentes variedades de papas fritas, expendidas en la ciudad de Cuenca*. (Magister en Toxicología Industrial y Ambiental), Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Yagüe Aylón, M. A. (2003). Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. *Observatori de La Seguretat Alimentaria– Escola de Prevenció i Seguretat Integral*. UAB, Belaterra, Setembre de.

ANEXO 1. Esquemas de las condiciones para el proceso para la fritura de las papas de acuerdo a cada experimento.

Experimento 1 (3h – 140°C – Ausencia)

	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo 140°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 140 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:17	1250	1250			10 min						149			144
	9:25			250.7	250.4		10min			115	148	147	112	138	140
	9:40							10 min				140			143
	9:45			250.6	250.8		10min			114	142	145	106	139	141
	9:55								25 min			92			88
	10:20					10 min						147			148
Continuo	10:30			250.0	250.2		10 min			113	146	150	110	138	150
	10:40			250.0	250.3		10min			107	132	135	113	138	142
	10:50			250.9	250.2		10min			112	146	148	106	130	132
	11:00			250.9	250.3		10min			114	140	143	112	147	150
	11:10							10 min				130			133
Continuo	11:20			250.5	250.1		10 min			109	142	144	110	135	140
	11:30			250.1	250.3		10min			112	148	150	113	149	151
	11:40			250.6	250.6		10min			112	138	141	111	145	147
	11:50			250.4	250.6		10min			115	149	144	113	140	142
	12:00							10min							
Continuo	12:10			250.2	250.5		10 min			114	131	133	112	145	148
	12:20			250.3	250.7		10 min			115	145	147	109	142	148
	12:30	900	900	Se apaga y finaliza el proceso de fritura (toma de muestras: papas y aceite)											



Experimento 2 (72h – 140°C – Ausencia)

DIA 1	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo a 140°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 140 ± 10°C								
		P1	P2	P1	P2					P1			P2					
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)			
Mañana	8:50	1250	1250			10 min												
	9:00			249.7	250.3		10 min											
	9:10							10 min										
	9:20			250.3	249.7		10 min											
	9:30								25 min									
Continuo	9:55					10 min												
	10:05			249.9	250.2		10 min											
	10:15			250.7	250.2		10 min											
	10:25			250.1	250.2		10 min											
	10:35			250.6	250.5		10 min											
Continuo	10:45							10 min										
	10:55			250.8	250.5		10 min											
	11:05			250.2	250.8		10 min											
	11:15			250.1	250.3		10 min											
	11:25			249.8	250.8		10 min											
Tarde	11:35								25 min									
	12:00					10 min												
	Continuo	12:10			250.8	250.2		10 min										
		12:20			250.4	249.6		10 min										
		12:30			250.9	250.1		10 min										
12:40				250.3	249.8		10 min											
Continuo	12:50							10 min										
	13:00			250.5	250.7		10 min											
	13:10			250.4	250.3		10 min											
	13:20			250.6	250.3		10 min											
	13:30			250.3	250.6		10 min											
Continuo	13:40							10 min										
	13:50			250.1	250.3		10 min											
	14:00			250.0	250.2		10 min											
	14:10			250.0	250.3		10 min											
	14:20			250.6	250.2		10 min											
Continuo	15:55								25 min									
	16:20					10min												
	16:30			250.6	250.6		10 min											



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	16:40							10 min							
	16:50			250.3	250.2			10 min							
	17:00								10 min						
	17:10			250.7	250.4			10 min							
	17:20									25 min					
Noche	17:45					10min									
Continuo	17:55			250.6	250.4			10 min							
	18:05			250.5	250.4			10 min							
	18:15			249.9	250.1			10 min							
	18:25			250.5	250.8			10 min							
	18:35								10 min						
Continuo	18:45			250.1	250.1			10 min							
	18:55			250.3	250.0			10 min							
	19:05			250.5	250.4			10 min							
	19:15			250.5	249.8			10 min							
	19:25								10 min						
Continuo	19:35			250.3	250.3			10 min							
	19:45			250.5	250.2			10 min							
	19:55	600	620												

Se apaga y finaliza el proceso de fritura

DIA 2	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniend o 140°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 140 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	8:50	600 +	600 +			10 min									
	9:00	500	500	250.2	250.5		10 min								
	9:10							10 min							
	9:20			250.4	250.6		10 min								
	9:30								25 min						
	9:55					10 min									
Continuo	10:05			250.6	250.2		10 min								
	10:15			250.6	250.0		10 min								
	10:25			250.0	250.7		10 min								
	10:35			250.5	250.8		10 min								
	10:45							10 min							
Continuo	10:55			250.9	250.4		10 min								
	11:05			250.3	250.4		10 min								
	11:15			250.2	250.4		10 min								
	11:25			250.3	250.8		10 min								



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	11:35								25 min							
Tarde	12:00					10 min										
Continuo	12:10			250.3	250.8		10 min									
	12:20			250.8	250.5		10 min									
	12:30			250.1	250.4		10 min									
	12:40			250.3	250.6		10 min									
	12:50							10 min								
Continuo	13:00			250.0	250.2		10 min									
	13:10			250.5	250.2		10 min									
	13:20			250.0	250.5		10 min									
	13:30			250.1	250.1		10 min									
	13:40							10 min								
Continuo	13:50			249.9	250.0		10 min									
	14:00			250.9	250.2		10 min									
	14:10			250.8	250.0		10 min									
	14:20			250.6	250.4		10 min									
	15:55								25 min							
	16:20					10min										
	16:30			250.7	250.5		10 min									
	16:40							10 min								
	16:50			250.3	250.3		10 min									
	17:00							10 min								
	17:10			250.2	249.8		10 min									
	17:20								25 min							
Noche	17:45					10min										
Continuo	17:55			249.9	249.9		10 min									
	18:05			250.7	250.4		10 min									
	18:15			250.0	250.6		10 min									
	18:25			250.6	250.6		10 min									
	18:35							10 min								
Continuo	18:45			250.7	250.5		10 min									
	18:55			250.2	250.5		10 min									
	19:05			250.3	250.1		10 min									
	19:15			250.7	250.0		10 min									
	19:25							10 min								
Continuo	19:35			250.8	250.0		10 min									
	19:45			250.1	250.5		10 min									
	19:55	520	560	Se apaga y finaliza el proceso de fritura												
DIA 3		Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)							Temperatura durante el proceso de fritura 140 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2						P1			P2		



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	Horas de inicio					Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre frituras manteniendo 140°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	8:50	520 +	560 +			10 min									
	9:00	500	500	250.4	250.3		10 min								
	9:10							10 min							
	9:20			250.8	250.1		10 min								
	9:30								25 min						
	9:55					10min									
Continuo	10:05			250.3	250.8		10 min								
	10:15			250.5	250.6		10 min								
	10:25			250.5	250.2		10 min								
	10:35						10 min								
	10:45						10 min								
Continuo	10:55			250.7	250.4		10 min								
	11:05			250.8	250.8		10 min								
	11:15			250.5	250.0		10 min								
	11:25						10 min								
	11:35								25 min						
Tarde	12:00					10 min									
Continuo	12:10			250.8	250.4		10 min								
	12:20			250.2	250.3		10 min								
	12:30			250.0	250.2		10 min								
	12:40						10 min								
	12:50						10 min								
Continuo	13:00			250.0	250.0		10 min								
	13:10			250.3	250.3		10 min								
	13:20			250.2	250.0		10 min								
	13:30						10 min								
	13:40						10 min								
Continuo	13:50			250.0	250.5		10 min								
	14:00			250.5	250.3		10 min								
	14:10			250.3	250.0		10 min								
	14:20						10 min								
	15:55								25 min						
	16:20					10min									
	16:30			250.4	250.0		10 min								
	16:40							10 min							
	16:50			250.1	250.3		10 min								
	17:00							10 min							



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	17:10			250.6	250.1		10 min							
	17:20								25 min					
Noche	17:45					10min								
Continuo	17:55			250.1	250.8		10 min							
	18:05			250.3	250.2		10 min							
	18:15			250.2	250.7		10 min							
	18:25			250.5	250.4		10 min							
	18:35							10 min						
Continuo	18:45			250.0	250.1		10 min							
	18:55			250.3	250.2		10 min							
	19:05			250.5	250.3		10 min							
	19:15			250.2	250.1		10 min							
	19:25							10 min						
Continuo	19:35			250.7	250.4		10 min							
	19:45	500	560	250.8	250.0		10 min							
	19:55	Se apaga y finaliza el proceso de fritura (toma de muestras: papas y aceite)												

Experimento 3 (3h – 225°C – Ausencia)

	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo o 225°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 225 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:20	1250	1250			11 min						228			227
	9:31			250.7	250.6		5 min			150	175	185	152	165	185
	9:36							10 min				218			225
	9:46			250.8	250.1		5 min			149	179	185	147	165	172
	9:51								25 min			72			120
	10:16					10 min						226			225
Continuo	10:26			250.8	250.2		5 min			153	188	194	155	177	178
	10:32			250.1	250.1		5 min			149	180	197	151	156	170
	10:38			250.3	250.9		5 min			149	170	189	147	149	159
	10:44			250.2	250.8		5 min			150	155	172	146	154	165
	10:49							10 min				217			227
Continuo	10:59			250.1	250.0		5 min			158	164	177	130	143	151
	11:05			250.3	250.7		5 min			141	160	169	119	142	151
	11:11			250.6	250.6		5 min			149	174	183	140	165	183
	11:17			250.3	250.8		5 min			131	148	160	141	160	170
	11:22								25 min			50			57
	11:47					10 min						228			235



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Continuo	11:57			250.1	250.5		5 min			147	165	171	150	169	178
	12:03			250.4	250.2		5 min			135	154	167	139	150	172
	12:09			250.4	250.5		5 min			130	153	172	133	154	169
	12:15			250.0	250.8		5 min			134	160	171	131	165	172
	12:20							10 min				221			235
Continuo	12:30			250.5	250.7		5 min			139	154	162	141	159	166
	12:36			250.4	250.3		5 min			141	154	157	142	158	161
	12:42	960	980	Se apaga y finaliza el proceso de fritura (toma de muestras: papas y aceite)											

Experimento 4 (72h – 225°C – Ausencia)

DIA 1	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo 225°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 225 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:15	1250	1250			11 min						226			218
				250.7	250.1		5 min			171	187	200	158	177	196
				250.7	250.2		5 min			163	178	185	147	160	168
									25 min			81			81
						10 min						227			227
Continuo				250.3	250.1		5 min			156	180	189	161	185	197
				250.7	250.5		5 min			149	184	192	154	170	196
				250.5	250.7		5 min			152	183	204	153	193	208
				250.3	250.4		5 min			153	180	199	152	200	206
							10 min					227			235
Continuo				250.6	250.9		5 min			147	176	188	139	177	186
				250.4	250.0		5 min			131	156	170	139	151	153
				250.1	250.2		5 min			137	170	184	131	166	180
				250.3	250.3		5 min			147	167	170	147	155	175
									25 min			60			56
Tarde						10 min						219			240
Continuo				250.2	250.2		5 min			137	164	171	139	149	165
				250.7	250.2		5 min			139	164	186	140	166	192
				250.3	250.7		5 min			139	172	184	140	180	194
				250.7	250.0		5 min			140	170	189	141	167	192
								10min				218			230
Continuo				250.0	250.0		5 min			140	165	163	141	170	189
				250.8	250.0		5 min			120	140	170	135	157	177
				250.1	250.0		5 min			130	169	181	140	192	201



UNIVERSIDAD DE CUENCA

				250.4	250.1		5 min			148	171	192	152	180	195
								10min				219			22
Continuo				250.4	250.7		5 min			141	156	182	148	167	189
				250.4	250.0		5 min			134	162	180	143	176	191
				250.8	250.0		5 min			139	170	190	142	169	189
				250.9	250.4		5 min			138	172	192	139	175	194
	14:40								25 min			74			79
						10min						224			227
				250.0	250.3		5 min			139	172	183	142	163	189
								10 min				215			217
				250.5	250.3		5 min			141	170	179	142	172	183
								10 min				223			217
				250.0	250.0		5 min			142	169	172	145	149	158
									25 min			55			45
Noche						10min						225			226
Continuo				250.1	250.0		5 min			135	174	189	144	176	180
				250.9	250.3		5 min			134	174	190	131	159	163
				250.3	250.2		5 min			141	177	191	134	161	186
				250.0	250.7		5 min			140	164	177	139	150	169
								10 min				221			235
Continuo				250.4	250.0		5 min			139	155	182	132	151	168
				250.8	250.3		5 min			135	174	186	130	164	180
				250.7	250.0		5 min			136	174	195	138	173	200
				250.0	249.5		5 min			138	171	190	142	166	184
								10 min				229			215
Continuo				250.7	250.8		5 min			140	167	179	139	154	170
				250.7	250.1		5 min			139	172	190	130	150	179
	17:40								25 min			47			40
						10min						217			222
Continuo				250.4	250.8		5 min			138	164	194	140	174	184
				250.0	250.4		5 min			143	171	186	142	160	179
				250.4	250.4		5 min			131	170	188	129	142	181
				250.7	250.5		5 min			134	174	189	130	156	184
								10 min				226			218
Continuo				250.7	250.2		5 min			134	162	188	136	164	184
				250.0	250.4		5 min			141	166	189	132	162	180
				250.7	250.1		5 min			139	163	184	140	157	175
				250.8	250.6		5 min			133	161	183	129	152	172
								10 min				218			215
Continuo				250.0	250.7		5 min			132	159	169	129	157	170
				250.5	250.7		5 min			132	143	153	130	143	154
		440	460	Se apaga y finaliza el proceso de fritura											



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DIA 2	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniend o 225°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 225 ± 10°C								
		P1	P2	P1	P2					P1			P2					
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)			
Mañana	9:15	440	810			11 min												
				250.5	250.2		5 min				153	180	221	188	158	185		226
								10 min					220					220
				250.3	250.6		5 min				149	179	183	152	210			221
									25 min				70					85
						10 min							216					216
Continuo				250.2	250.6		5 min				160	181	187	147	178			197
				250.0	250.8		5 min				151	175	190	149	171			193
				250.7	250.0		5 min				149	172	180	152	181			202
				250.1	250.2		5 min				143	175	182	151	190			210
								10 min					220					224
Continuo				250.8	250.0		5 min				140	171	187	143	182			193
				250.2	250.1		5 min				140	173	191	140	179			190
				250.7	250.5		5 min				138	172	189	139	178			194
				250.3	250.3		5 min				140	176	181	150	185			191
									25 min				63					69
Tarde					10 min								219					222
Continuo				250.9	250.4		5 min				143	175	189	147	175			201
				250.2	250.4		5 min				142	159	166	150	181			194
				250.3	250.6		5 min				134	159	167	145	181			198
				250.4	250.1		5 min				140	160	170	152	180			198
								10 min					226					218
Continuo				250.4	250.5		5 min				148	180	189	141	171			185
				250.4	250.6		5 min				145	176	190	142	170			189
				250.0	250.1		5 min				139	171	181	146	173			189
				250.9	250.5		5 min				140	159	175	145	184			201
								10 min					215					216
Continuo				250.0	250.3		5 min				141	163	170	132	164			171
				250.6	250.9		5 min				146	166	175	144	167			190
				250.4	250.8		5 min				140	159	181	151	172			192
				250.6	249.5		5 min				144	163	183	148	170			186
									25 min				49					51
	14:50					10min							223					222
				249.9	250.7		5 min				156	170	184	153	174			192
													219					227
				250.3	250.7		5 min				150	181	189	149	184			195
													217					219



UNIVERSIDAD DE CUENCA

				250.2	250.6		5 min			149	162	174	144	175	181
									25 min			49			57
Noche						10min						224			235
Continuo				250.9	250.3		5 min			149	169	179	149	187	194
				250.6	250.3		5 min			142	175	180	147	189	200
				250.3	250.1		5 min			137	176	185	149	177	186
				250.1	250.3		5 min			141	165	179	144	169	193
								10 min				220			194
Continuo				250.0	250.1		5 min			138	168	177	116	147	168
				250.7	250.4		5 min			142	172	177	138	170	190
				250.4	250.3		5 min			146	172	178	151	183	196
				250.6	250.3		5 min			140	162	179	147	177	190
								10 min				221			231
Continuo				250.2	250.9		5 min			139	172	187	142	180	205
				250.0	250.6		5 min			144	169	175	149	175	181
	17:45								25 min			41			50
						10min						222			225
Continuo				250.4	250.1		5 min			141	175	180	140	150	170
				250.6	250.2		5 min			143	171	181	139	173	182
				250.2	250.0		5 min			135	172	182	132	164	200
				250.8	250.7		5 min			133	175	182	140	164	186
								10 min				225			222
Continuo				250.4	250.3		5 min			109	136	151	107	134	170
				250.9	250.8		5 min			129	169	177	136	164	196
				250.5	250.4		5 min			130	170	177	133	182	197
				250.3	250.2		5 min			141	180	189	146	190	213
								10 min				216			216
Continuo				250.8	250.6		5 min			140	178	185	138	170	210
				250.8	250.8		5 min			141	179	184	137	176	186
		500	510	Se apaga y finaliza el proceso de fritura											

DIA 3	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo 225°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 225 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:20	500 + 750	510 + 740			11 min						228			215



UNIVERSIDAD DE CUENCA

				250.0	250.0		5 min			140	164	178	147	184	192
								10 min				221			215
				250.0	250.0		5 min			141	172	187	147	184	191
									25 min			72			79
						10min						215			200
Continuo				250.4	250.6		5 min			143	170	177	136	150	165
				250.6	250.8		5 min			135	159	166	132	155	162
				250.7	250.8		5 min			136	157	171	134	157	173
				250.0	250.0		5 min			139	159	167	140	163	188
								10 min				210			190
Continuo				250.0	250.2		5 min			140	172	179	142	176	191
				250.6	250.6		5 min			139	172	179	136	173	180
				250.7	250.3		5 min			132	161	172	134	171	185
				250.6	250.8		5 min			142	159	166	147	168	177
	11:46								25 min			55			57
Tarde							10 min					217			226
Continuo				250.0	250.0		5 min			140	165	179	149	166	189
				250.1	250.4		5 min			149	155	160	141	171	181
				250.6	250.0		5 min			136	162	169	130	161	192
				250.2	250.7		5 min			138	160	166	142	173	181
								10 min				222			229
Continuo				250.1	250.0		5 min			130	159	167	132	167	182
				250.4	250.2		5 min			143	160	166	139	165	179
				250.4	250.6		5 min			139	159	164	137	167	184
				250.7	250.6		5 min			130	162	170	132	169	181
								10 min				216			218
Continuo				250.0	250.4		5 min			140	170	177	142	172	179
				250.6	250.4		5 min			139	161	172	140	165	173
				250.1	250.0		5 min			132	142	157	136	145	158
				250.6	250.3		5 min			135	153	161	137	159	170
									25 min			58			57
	14:30						10min					228			225
				250.8	250.9		5 min			132	157	164	139	162	181
									10 min			215			216
				250.8	250.7		5 min			132	167	174	140	177	190
									10 min			225			225
				250.0	250.7		5 min			149	182	187	150	175	183
										25 min		54			51
Noche								10min				218			222
Continuo				250.4	250.8		5 min			150	178	189	153	173	180
				250.6	250.0		5 min			149	175	188	150	175	185
				250.4	250.0		5 min			140	169	176	135	150	176



UNIVERSIDAD DE CUENCA

				250.2	250.7		5 min			138	181	186	137	156	184
								10 min				226			224
Continuo				250.0	250.5		5 min			146	163	170	134	167	193
				250.2	250.1		5 min			148	175	192	144	171	194
				250.7	250.5		5 min			149	175	182	147	179	189
				250.2	250.3		5 min			146	178	184	150	180	197
	17:30							10 min				221			219
Continuo				250.2	250.0		5 min			141	183	196	133	154	171
				250.0	250.2		5 min			151	175	190	123	154	176
									25 min			49			42
						10min						219			215
Continuo				250.1	250.1		5 min			147	176	191	135	177	188
				250.2	250.2		5 min			149	177	183	141	173	184
				250.0	250.5		5 min			148	181	190	146	161	176
				250.4	250.0		5 min			144	176	183	138	165	186
								10 min				218			230
Continuo				250.6	250.7		5 min			149	179	189	135	180	197
				250.5	250.3		5 min			147	179	191	144	172	193
				250.0	250.5		5 min			143	179	181	146	169	191
				250.5	250.5		5 min			145	171	190	137	164	191
								10 min				221			215
Continuo				250.4	250.0		5 min			139	176	185	142	179	187
				250.4	250.1		5 min			142	179	189	139	166	170
	500	500	Se apaga y finaliza el proceso de fritura (Toma de muestras: papas y aceite)												

Experimento 5 (3h – 140°C – Presencia)

	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre frituras manteniendo a 140°C	Disminución de la temperatura a al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 140 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:17	1250	1250			10 min						153			156
	9:25			250.2	250.7		10 min			111	142	143	115	155	159
	9:40							10 min				148			143
	9:45			250.8	250.5		10 min			112	138	138	114	140	147
	9:55								25 min			108			101
	10:20					10 min						141			142
Continuo	10:30			250.0	250.8		10 min			114	150	149	111	135	137
	10:40			250.4	250.7		10 min			117	147	145	113	147	148



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	10:50			250.7	250.5		10 min			112	138	139	110	146	147
	11:00			250.1	250.1		10 min			111	139	141	112	145	146
	11:10							10 min				130			131
Continuo	11:20			250.4	250.2		10 min			108	152	153	110	145	149
	11:30			250.3	250.2		10 min			111	149	150	109	142	143
	11:40			250.2	250.0		10 min			109	141	142	112	138	139
	11:50			250.7	250.8		10 min			114	148	149	113	136	137
	12:00							10 min				138			133
Continuo	12:10			250.1	250.5		10 min			115	137	139	116	137	138
	12:20			250.2	250.5		10 min			109	135	137	111	136	139
	12:30	900	900	Se apaga y finaliza el proceso de fritura (toma de muestras: papas y aceite)											

Experimento 6 (72h – 140°C – Presencia)

DIA 1	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo 140°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 140 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:15	1250	1250			10 min									
				250.5	250.3		10 min			145	140	140	135	137	137
								10 min							
				250.6	250.3		10 min			143	138	138	141	136	138
									25 min			106			113
						10 min						138			148
Continuo				250.2	250.3		10 min			117	136	147	119	164	160
				250.7	250.7		10 min			120	147	149	129	132	138
				250.8	250.6		10 min			115	146	141	107	163	169
				250.4	250.2		10 min			116	133	132	117	149	150
								10 min				163			141
Continuo				250.8	250.6		10 min			129	140	145	113	163	166
				250.4	250.2		10 min			112	145	155	126	147	156
				250.4	250.9		10 min			115	143	150	119	136	138
				250.4	250.5		10 min					151			160
									25 min						
Tarde					10 min										
Continuo				250.0	250.5		10 min			110	139	145	116	141	150
				250.1	250.2		10 min			117	142	148	116	143	150
				250.2	250.0		10 min			116	146	140	119	144	146
				250.5	250.8		10 min			111	149	154	106	149	157
								10 min			137			128	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Continuo				250.7	250.5		10 min			119	146	149	109	147	150
				250.2	250.3		10 min			118	137	147	105	149	160
				250.2	250.0		10 min			117	145	147	129	144	149
				250.3	250.8		10 min			117	139	141	115	140	143
							10 min					148			137
Continuo				250.1	250.0		10 min			121	145	150	112	144	146
				250.3	250.0		10 min			117	146	150	115	143	151
				250.2	250.6		10 min			116	137	143	119	139	145
				250.4	250.0		10 min			113	144	146	109	149	151
								25 min							
						10min						140		134	
				250.4	250.7		10 min			115	147	149	117	140	145
								10 min							
				250.1	250.3		10 min			111	145	149	112	137	139
								10 min			146				148
				250.5	250.3		10 min			111	146	146	113	150	150
									25 min						
Noche						10min					140,5				141
Continuo				250,8	250,3		10 min			113	137	139	115	145	149
				250,5	250,5		10 min			121	144	149	122	149	150
				250,6	250,1		10 min			112	142	143	117	138	140
				250,9	250,3		10 min			107	149	149	111	139	140
							10 min				142				143
Continuo				250,6	250,4		10 min			115	142	146	112	135	141
				250,0	250,0		10 min			118	137	142	118	147	150
				250,2	250,7		10 min			116	132	147	117	148	147
				250,4	250,7		10 min			115	141	143	112	140	144
							10 min				134				136
Continuo				250,5	250,4		10 min			118	136	140	119	138	142
				250,4	250,1		10 min			117	138	140	112	137	146
	19:55	640	629	Se apaga y finaliza el proceso de fritura											

DIA 2	Hora s de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo 140°C	Disminución de la temperatura a al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 140 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:15	640 + 610	629 + 621			10 min						149			149
				250.1	250.3		10 min			116	141	145	117	147	150



UNIVERSIDAD DE CUENCA

								10 min				143			139					
				250.1	250.8			10 min				115	141	145	114	139	145			
														25 min						
								10 min									150			
Continuo				250.0	250.2			10 min				115	140	148	109	138	147			
				250.8	250.5			10 min				109	137	149	112	143	150			
				250.4	250.2			10 min				110	140	149	113	143	150			
				250.7	250.5			10 min				112	145	147	115	141	146			
								10 min									137			
Continuo				250.0	250.9			10 min				110	143	140	112	145	149			
				250.0	250.7			10 min				113	137	149	111	147	150			
				250.8	250.0			10 min				115	140	146	112	144	150			
				250.3	250.3			10 min				117	142	146	116	141	150			
																	25 min			
Tarde								10 min									121	113		
																			142	
Continuo				250.0	250.7			10 min				115	141	147	117	142	144			
				250.0	250.8			10 min				112	140	142	114	142	144			
				250.2	250.5			10 min				113	138	140	113	140	142			
				250.6	250.4			10 min				115	135	139	116	135	138			
																		10 min		
Continuo				250.4	250.7			10 min										137	135	
				250.7	250.3			10 min				116	142	144	114	142	135			
				250.0	249.9			10 min				117	142	144	118	142	150			
				250.2	250.6			10 min				115	146	145	116	146	137			
																		10 min		
Continuo				250.0	250.1			10 min				112	143	140	113	140	143			
				250.1	250.5			10 min				116	147	150	117	139	140			
				250.5	250.6			10 min				113	144	140	115	146	146			
				250.4	250.5			10 min				113	140	141	112	140	143			
																		25 min		
																			111	
																			140	
				250.4	250.4			10 min				112	139	141	114	145	149			
																			10 min	
																				142
				250.5	250.9			10 min				113	143	142	112	141	140			
																			10 min	
																				147
				250.3	250.6			10 min				111	140	140	113	140	141			
																			25 min	
																				110
Noche								10min												144
Continuo				250.0	250.0			10 min				116	143	139	117	147	149			
				250.2	250.0			10 min				117	140	143	115	145	147			
				250.5	250.5			10 min				117	144	145	116	144	141			
				250.5	250.8			10 min				116	143	148	111	138	145			



UNIVERSIDAD DE CUENCA

				250.7	250.5		10 min			111	141	145	109	144	147
Continuo				250.5	250.7		10 min			115	131	142	116	153	156
				250.9	250.5		10 min			119	138	140	118	148	160
				250.7	250.2		10 min			109	139	142	111	138	142
							10 min					138			143
Continuo				250.8	250.5		10 min			116	132	135	117	140	142
				250.5	250.2		10 min			112	134	138	117	138	146
	19:55	560	640	Se apaga y finaliza el proceso de fritura											

DIA 3	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo 140°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 140 ± 10°C					
		P1	P2	P1						P2					
				Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura					Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)		
Mañana	9:15	560 + 690	640 + 610			10 min						145			140
				250.2	250.3			10 min		119	135	137	117	141	143
								10 min				144			148
				250.5	250.7		10 min			111	142	144	109	141	143
								25 min				108			105
						10 min						144			150
Continuo				250.1	250.6		10 min			118	144	145	116	147	149
				250.5	250.2		10 min			114	136	139	115	137	139
				250.2	250.1		10 min								
								10 min				140			141
Continuo	11:05			250.8	250.6		10 min			106	137	138	107	136	139
				250.4	250.4		10 min			110	139	140	109	147	150
				250.2	250.6		10 min			109			107		
							10 min								
								25 min							
Tarde						10 min						143			141
Continuo				250.3	250.7		10 min			107	135	138	109	137	138
				250.2	250.5		10 min			107	137	139	108	138	140
				250.2	250.7		10 min			110	139	140	107	139	141
							10 min								
								10 min				143			145



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Continuo				250.7	250.3		10 min			107	146	147	108	141	145
				250.5	250.2		10 min			111	139	140	110	138	141
				250.8	250.8		10 min			112	138	139	111	145	148
								10 min				134			135
Continuo				250.0	250.2		10 min			111	139	140	115	147	150
				250.0	250.1		10 min			112	138	140	113	147	148
				250.8	250.7		10 min			113	141	143	110	143	145
							10 min								
									25 min						
						10min									
				250.5	250.5		10 min								
								10 min				142			149
				250.5	250.5		10 min			115	147	149	117	149	150
								10 min				125			138
				250.2	250.8		10 min			114	148	147	112	135	132
									25 min						
Noche						10min						145			139
Continuo				250.3	250.3		10 min			113	142	143	114	143	145
				250.3	250.4		10 min			112	138	140	113	139	149
				250.2	250.2		10 min			112	141	142	114	142	145
				250.2	250.9		10 min			112	139	140	113	145	147
							10 min					144			151
Continuo				250.0	250.0		10 min			114	149	147	115	140	139
				250.2	250.8		10 min			113	146	145	114	142	143
				250.9	250.0		10 min			112	136	143	110	145	143
				250.9	250.3		10 min			110	140	141	107	139	141
							10 min					139			147
Continuo	19:35			250.2	250.1		10 min			111	140	141	112	143	142
	19:45			250.0	250.0		10 min			112	138	139	114	142	144
	19:55	500	500	Se apaga y finaliza el proceso de fritura (toma de muestras: papas y aceite)											

Experimento 7 (3h – 225°C – Presencia)

	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo a 225°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 225 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:25	1250	1250			11 min						215			227



UNIVERSIDAD DE CUENCA

				250.3	250.3		5 min			154	170	175	153	172	178
	9:36							10 min				221			216
	9:46			250.5	250.0		5 min			151	179	182	147	175	182
	9:51								25 min			52			47
	10:16						10 min					220			235
Continuo	10:26			250.0	250.0		5 min			150	174	181	152	194	204
	10:32			250.0	250.0		5 min			147	179	182	149	184	201
	10:38			250.1	250.2		5 min			149	160	171	150	185	195
	10:44			250.0	250.2		5 min			148	155	162	152	181	187
	10:49							10 min				227			228
Continuo	10:59			250.2	250.0		5 min			149	167	172	151	173	181
	11:05			250.0	250.1		5 min			147	163	167	145	167	169
	11:11			250.0	250.0		5 min			142	155	158	147	185	187
	11:17			250.0	250.2		5 min			149	161	163	147	180	182
	11:22								25 min			83			79
	11:47						10 min					215			216
Continuo	11:57			250.0	250.3		5 min			151	164	168	153	171	180
	12:03			250.1	250.1		5 min			149	163	165	144	165	172
	12:09			250.1	250.3		5 min			137	160	170	139	190	200
	12:15			250.0	250.8		5 min			139	164	167	140	183	197
	12:20							10 min				226			227
Continuo	12:30			250.0	250.0		5 min			145	159	170	153	190	211
	12:36			250.7	250.5		5 min			143	167	169	147	175	178
	12:42	851	850	Se apaga y finaliza el proceso de fritura (toma de muestras: papas y aceite)											

Experimento 8 (72h – 225°C – Presencia)

DIA 1	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniend o 225°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 225 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínim a (colocar las papas)	Durant e la fritura	Final (retirar las papas)	Mínim a (colocar las papas)	Durant e la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:15	1250	1250			11 min						190			218
				250.8	250.8		5 min					146			175
								10 min				225			227
				250.7	250.8		5 min			146	175	186	145	182	191
									25 min			65			67
						10 min						225			224
Continuo				250.4	250.0		5 min			149	176	184	147	179	185
				250.0	250.1		5 min			147	167	174	142	162	176



UNIVERSIDAD DE CUENCA

				250.2	250.5		5 min			140	164	171	144	159	176
				250.0	250.2		5 min			143	164	168	142	159	171
								10 min				228			217
Continuo				250.6	250.0		5 min			149	165	172	153	159	165
				250.2	250.3		5 min			147	160	166	149	149	162
				250.0	250.2		5 min			139	161	165	129	157	166
							5 min			136	159	162	125	162	168
									25 min			66			69
Tarde						10 min						225			227
Continuo				250.4	250.4		5 min			152	170	179	151	173	185
				250.4	250.3		5 min			153	165	171	136	165	179
				250.9	250.6		5 min			134	160	169	132	167	175
				250.1	250.4		5 min			133	160	165	131	165	174
							10min					223			218
Continuo				250.8	250.5		5 min			145	169	178	141	175	184
				250.9	250.2		5 min			142	167	178	139	164	171
				250.2	250.2		5 min			137	164	175	135	162	172
				250.4	250.3		5 min			140	159	167	139	150	168
							10min					222			217
Continuo				250.4	250.9		5 min			147	165	167	137	140	157
				250.2	250.0		5 min			149	169	176	139	151	168
				250.2	250.4		5 min			137	164	169	134	159	163
				250.8	250.3		5 min			136	165	167	135	144	155
								25 min				47			38
					10min							222			199
			250.4	250.5		5 min			152	170	175	144	145	150	
								10 min				222			220
			250.0	250.0		5 min			150	177	184	147	174	180	
								10 min				215			216
			250.0	250.0		5 min			149	163	188	149	173	191	
									25 min			49			43
Noche						10min						219			221
Continuo				250.0	250.5		5 min			149	172	179	147	169	175
				250.7	250.7		5 min			145	169	174	146	155	176
				250.2	250.1		5 min			142	167	172	143	157	176
				250.2	250.4		5 min			144	173	179	145	171	181
							10 min					225			216
Continuo				249.9	250.2		5 min			151	169	175	147	171	180
				250.	250.3		5 min			144	161	171	143	163	175
				250.4	250.4		5 min			141	159	166	142	157	173
				250.3	250.4		5 min			147	160	174	149	165	183
							10 min					217			218
Continuo				250.2	250.0		5 min			149	161	169	147	155	169
				250.1	250.0		5 min			141	154	167	137	158	168



UNIVERSIDAD DE CUENCA

									25 min			51			45	
Continuo				250.5	250.2		10min					219			224	
				250.5	250.7			5 min			147	170	173	143	165	206
				250.2	250.0			5 min			143	163	175	149	175	200
				250.7	250.2			5 min			136	152	160	141	174	190
Continuo									10 min						192	
				250.1	250.5			5 min			141	169	173	149	162	192
				250.1	250.4			5 min					221			217
				250.0	250.3			5 min			149	172	177	150	176	181
Continuo				250.0	250.2			5 min			138	159	167	142	155	181
										141	170	168	143	147	155	
										140	160	166	141	170	173	
									10 min							221
Continuo				250.8	250.5			5 min			149	171	176	150	171	200
				250.0	250.0			5 min			147	174	173	149	172	170
		500	500	Se apaga y finaliza el proceso de fritura												

DIA 2	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo 225°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 225 ± 10°C									
		P1	P2	P1	P2					P1			P2						
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)				
Mañana	9:15	500 + 750	500 + 750			11 min										227			222
				250.6	250.2		5 min				160	188	192	157	195				195
								10 min											220
				250.4	250.2		5 min				148	164	176	151	151				160
									25 min										58
						10 min													225
Continuo				250.4	250.4		5 min				231	186	187	225	182				197
				250.4	250.6		5 min				165	170	188	151	168				186
				250.5	250.7		5 min				155	168	184	160	178				177
				250.0	250.5		5 min				160	171	184	155	162				171
Continuo								10 min											223
				250.3	250.2		5 min				175	215	225	168	218				223
				250.5	250.5		5 min				152	160	185	149	161				180
				250.8	250.8		5 min				147	169	173	143	165				169
			250.8	250.1		5 min					158	167	175	158	165				172
									25 min										59
Tarde						10 min													221



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Continuo				250.1	250.3		5 min			140	167	170	139	160	173
				250.2	250.4		5 min			145	163	172	139	169	170
				250.2	250.7		5 min			141	174	176	140	165	176
				250.2	250.3		5 min			140	165	172	145	176	181
								10 min				216			225
Continuo				250.8	250.7		5 min			150	176	182	149	159	161
				250.2	250.3		5 min			147	169	171	147	153	162
				250.8	250.1		5 min			145	160	163	147	157	169
				250.2	250.5		5 min			145	158	161	143	135	145
								10 min				215			216
Continuo				250.4	250.3		5 min			151	171	175	150	160	165
				250.7	250.4		5 min			145	162	165	146	161	162
				250.0	250.1		5 min			142	163	172	143	164	176
				250.2	250.7		5 min			141	166	168	140	152	164
								25 min				51			56
	14:50						10min					216			208
				250.2	250.6		5 min			151	170	177	150	183	187
								10 min				224			215
				250.4	250.1		5 min			150	149	151	149	157	156
								10 min				217			219
				250.1	250.8		5 min			141	166	174	145	168	181
								25 min				49			46
Noche								10min				225			226
Continuo				250.3	250.8		5 min			151	172	178	152	186	196
				250.5	250.6		5 min			150	155	179	149	182	184
				250.4	250.6		5 min			140	165	175	134	165	184
				250.3	250.1		5 min			139	172	186	139	178	185
								10 min				216			219
Continuo				250.4	250.1		5 min			146	183	187	149	164	167
				250.3	250.1		5 min			147	160	164	148	175	182
				250.4	250.1		5 min			149	163	170	145	160	184
				250.0	250.0		5 min			139	166	173	143	172	192
								10 min				224			218
Continuo				250.8	250.6		5 min			149	159	163	147	173	182
				250.7	250.0		5 min			143	160	172	149	185	197
	17:45							25 min				42			48
								10min				210			213
Continuo				250.3	250.0		5 min			149	164	175	143	160	179
				250.2	250.1		5 min			147	174	183	145	178	199
				250.0	250.0		5 min			146	176	191	147	179	191
				250.0	250.1		5 min			149	178	190	147	191	214
								10 min				229			223



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Continuo				250.5	250.3		5 min			137	145	166	139	193	200
				250.4	250.2		5 min			139	162	187	141	171	197
				250.0	250.6		5 min			133	151	157	139	155	159
				250.1	250.5		5 min			132	164	178	137	184	177
								10 min			215				219
Continuo				250.5	250.7		5 min			149	161	171	147	171	202
				250.3	250.5		5 min			147	161	172	149	175	204
		500	510	Se apaga y finaliza el proceso de fritura											

DIA 3	Horas de inicio	Volumen de aceite (ml)		Peso de papas (g)		Tiempo de precalentamiento de aceite	Tiempo de fritura	Tiempo de reposo entre fritura manteniendo 225°C	Disminución de la temperatura al mínimo	Temperatura durante el proceso de fritura 225 ± 10°C					
		P1	P2	P1	P2					P1			P2		
										Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)	Mínima (colocar las papas)	Durante la fritura	Final (retirar las papas)
Mañana	9:20	500 + 750	510 + 740			11 min						220			215
				250.4	250.2		5 min			153	169	175	152	176	198
				250.7	250.3		5 min	10 min				213			210
									25 min			60			61
						10min						221			223
Continuo				250.4	250.2		5 min			153	170	177	151	177	189
				250.4	250.0		5 min			146	154	163	147	165	172
				250.1	250.1		5 min			139	154	163	172	163	164
				250.0	250.5		5 min			133	159	169	130	158	186
							10 min					222			210
Continuo				250.3	250.7		5 min			150	166	175	149	168	187
				250.2	250.4		5 min			147	165	176	139	165	187
				250.5	250.0		5 min			143	160	170	137	165	179
				250.3	250.8		5 min			138	154	162	135	162	176
	11:46								25 min			52			57
Tarde						10 min						225			214
Continuo				250.8	250.0		5 min			149	172	186	147	169	197
				250.2	250.8		5 min			147	162	170	146	164	185
				250.4	250.0		5 min			145	159	161	147	162	169
				250.4	250.1		5 min			142	159	164	139	157	179
							10 min					215			217
Continuo				250.6	250.3		5 min			149	162	170	140	150	160
				250.1	250.1		5 min			155	165	172	129	161	173
				250.1	250.5		5 min			142	160	166	140	157	163



UNIVERSIDAD DE CUENCA

				250.7	205.1		5 min			136	160	169	137	164	172
								10 min				214			220
Continuo				250.3	250.3		5 min			139	163	174	147	160	167
				250.1	250.2		5 min			140	164	171	141	169	183
				250.1	250.4		5 min			140	144	145	142	147	149
				250.4	250.7		5 min			131	147	153	132	142	150
									25 min			47			49
	14:30						10min					215			215
				250.7	250.7		5 min			145	171	179	144	172	191
								10 min				233			220
				250.2	250.5		5 min			147	144	153	149	172	187
								10 min				223			230
				250.7	250.6		5 min			149	147	155	149	153	167
									25 min			43			43
Noche							10min					219			221
Continuo				250.6	250.2		5 min			157	143	155	139	157	173
				250.0	250.2		5 min			144	160	166	139	152	163
				250.4	250.4		5 min			139	156	162	137	159	196
				250.5	250.4		5 min			132	160	174	149	167	187
								10 min				217			215
Continuo				250.3	250.2		5 min			142	167	175	147	171	190
				250.4	250.5		5 min			140	157	175	147	177	207
				250.3	250.7		5 min			137	152	164	142	179	201
				250.6	250.5		5 min			139	152	171	137	160	182
	17:30							10 min				214			215
Continuo				250.4	250.2		5 min			145	160	180	147	167	197
				250.7	250.8		5 min			142	163	167	150	178	198
									25 min			40			42
							10min					225			220
Continuo				250.3	250.8		5 min			147	157	187	142	172	204
				250.7	250.2		5 min			143	157	179	142	172	184
				250.1	250.3		5 min			131	150	175	129	162	202
				250.9	250.0		5 min			137	169	176	139	170	186
								10 min				215			219
Continuo				250.0	250.4		5 min			139	150	160	140	153	180
				250.4	250.1		5 min			134	154	164	135	165	190
				250.6	250.5		5 min			132	150	170	137	177	200
				250.6	250.8		5 min			128	151	170	139	160	189
								10 min				216			229
Continuo				250.6	250.0		5 min			137	151	163	109	114	146
				250.5	250.9		5 min			127	163	169	129	164	
		500	500	Se apaga y finaliza el proceso de fritura (toma de muestras: papas y aceite)											

ANEXO 2. Preparación de reactivos

- a. **Solución ácido acético-cloroformo:** Mezclar 3 volúmenes de ácido acético glacial con 2 volúmenes de cloroformo.
- b. **Solución saturada de yoduro de potasio:** Disolver en 10 ml agua destilada recién hervida 14 g de KI obteniéndose una solución saturada en la cual fue posible evidenciar la presencia de cristales sin disolver. El reactivo preparado se almacenó en la oscuridad. Para comprobar la estabilidad de esta solución se colocó previo a cada análisis, 0,5 ml a 30 ml de la mezcla ácido acético-cloroformo, se agregó 2 gotas de solución de almidón al 1 % y se tituló con la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N. Cuando la solución consumió más de una gota fue necesario preparar una nueva solución.
- c. **Solución de tiosulfato de sodio 0,1- 0,01 N:** Pesar 2,48 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y disolver con agua destilada hervida y fría aforándose a 100 ml para conseguir la solución 0,1 N. a partir del solución anterior se realizó una dilución 1/10 para obtener la solución de concentración 0,01 N.
- d. **Solución de almidón 1%.** Disolver 1 g de almidón en agua destilada fría (formando una pasta) y se agregar 100 ml de agua destilada recién hervida. Agitar rápidamente la solución y enfriar. Hervir 1 min para disolver totalmente.
- e. **Solución de ácido clorhídrico al 25 %.** Medimos 675,68 ml de ácido clorhídrico concentrado (37 %) y aforamos a 1000 ml con agua destilada (v/v).

ANEXO 3: Riesgo de exposición dietaria a peróxidos por el consumo de papas fritas en relación con cada experimento.

N° Experimento	N° Réplica	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Vienesas	Aceite en papa (g grasa/100g)	Peróxido en aceite (mEqO/kg)	Peróxido en papa (mEqO/kg)	Exposición dietaria a peróxidos (mEqO/ PC (kg)/ día)
1	1	140	3	Ausencia	8,6992	39,1417	3,4050	0,00785
1	2	140	3	Ausencia	7,1195	39,1417	2,7867	0,00643
1	3	140	3	Ausencia	9,1110	39,1417	3,5662	0,00822
2	1	140	72	Ausencia	7,5588	37,5368	2,8373	0,00654
2	2	140	72	Ausencia	7,3999	37,5368	2,7777	0,00641
2	3	140	72	Ausencia	7,2464	37,5368	2,7201	0,00627
3	1	225	3	Ausencia	5,9670	5,1809	0,3091	0,00071
3	2	225	3	Ausencia	6,0646	5,1809	0,3142	0,00072
3	3	225	3	Ausencia	5,2616	5,1809	0,2726	0,00063
4	1	225	72	Ausencia	7,0369	7,5517	0,5314	0,00123
4	2	225	72	Ausencia	7,7226	7,5517	0,5832	0,00134
4	3	225	72	Ausencia	6,9116	7,5517	0,5219	0,00120
5	1	140	3	Presencia	9,3937	40,0560	3,7627	0,00868
5	2	140	3	Presencia	11,1341	40,0560	4,4599	0,01028
5	3	140	3	Presencia	9,5341	40,0560	3,8190	0,00881
6	1	140	72	Presencia	5,9093	44,4785	2,6284	0,00606
6	2	140	72	Presencia	6,2770	44,4785	2,7919	0,00644
6	3	140	72	Presencia	6,4257	44,4785	2,8581	0,00659
7	1	225	3	Presencia	8,0605	8,8010	0,7094	0,00163
7	2	225	3	Presencia	8,9192	8,8010	0,7850	0,00181
7	3	225	3	Presencia	7,9090	8,8010	0,6961	0,00161
8	1	225	72	Presencia	4,8611	6,0944	0,2963	0,00068
8	2	225	72	Presencia	4,9595	6,0944	0,3022	0,00069
8	3	225	72	Presencia	4,9118	6,0944	0,2993	0,00069

ANEXO 4: Fotografías de materiales, preparación de la muestra y proceso de fritura de papas.

Pailas de aluminio, termómetros, fuente de calor y aceite nuevo.



Papas picadas con picadora manual post pelado.



Papas picadas y colocadas en agua antes de freír.



Papas escurridas el agua 5min antes de la fritura.



Pesado de papas 250g.



Fritura de papas a 140°C.



Fritura de papas a 225°C. Formación de espuma.



Filtrado del aceite a 225°C.



Papas fritas a 140°C con vienesa próximas a ser retiradas.



Envasado de la muestra de aceite en frascos ámbar.



Sellado de los envases de las muestras de aceite con nitrógeno gaseoso y refrigerado a 4 ° C.



Papas fritas colocadas en fundas de cierre hermético por cada paila y congeladas a -20°C.



ANEXO 5. Muestras de aceite resultante cada proceso de fritura por experimento.

Experimento 1
(3h – 140°C – A)



Experimento 2
(72h – 140°C – A)



Experimento 3
(3h – 225°C – A)



Experimento 4
(72h – 225°C – A)



Experimento 5
(3h – 140°C – P)



Experimento 6
(72h – 140°C – P)





Experimento 7
(3h - 225°C - P)



Experimento 8
(72h - 225°C - P)

