



UNIVERSIDAD DE CUENCA

“MAESTRIA EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL”

TITULO:

**EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO EN LA VARIACIÓN
DE LA CONCENTRACION DE PEROXIDOS EN LAS
DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS FRITAS, EXPENDIDAS
EN LA CIUDAD DE CUENCA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
MAGISTER EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

AUTOR: María José Vélez Vinueza. Bioq. Farm

DIRECTOR: Dra. Silvana Patricia Donoso Moscoso, MSc.

ASESOR: Dra. Silvia Johana Ortiz Ulloa, PhD

CUENCA, ECUADOR

2014



RESUMEN

Los peróxidos son sustancias tóxicas producidas por la oxidación primaria de los lípidos, Los lípidos al ser sometidos a altas temperatura y tiempo de cocción prolongada, absorben estos compuestos tóxicos provocando alteraciones en la composición química e implicada en el desarrollo de muchas enfermedades como aterosclerosis, diabetes, cáncer, enfermedades inflamatorias crónicas y enfermedades neurodegenerativas.

En las encuestas realizadas se demostró que la población tiene gran preferencia por este tipo de productos debido a su fácil preparación y rápida accesibilidad, aunque la predilección de consumo es mayor las papas fritas no enfundadas con respecto a las enfundadas.

La concentración de peróxidos en papas no enfundadas es de 68.2 mEq O₂/Kg y de las papas enfundadas de 47.6 mEq O₂/Kg, estos niveles estuvieron por encima de admitidos según las norma de Codex Alimentarius (15 mEq O₂/ Kg), En cuanto a las papas no enfundadas la concentración de peróxidos en muestras recolectadas en la mañana fue mayor a las recolectadas tarde, estadísticamente no existe una diferencia significativa entre estos valores, aunque, existe un incremento de 14 % en su concentración debido al proceso de fritura en el mismo aceite por un tiempo prolongado.

También se aplicó dos encuestas recordatorio 24HR y frecuencia de consumo FFQ, permitieron obtener información cuantitativa y cualitativa del consumo estimado de papas fritas, relacionado con la concentración de peróxidos y el peso de cada encuestado se realizó un análisis probabilístico. Obteniendo los datos de distribución de la concentración de peróxidos y distribución del consumo datos utilizados para la evaluación del riesgo que fue modelado mediante una simulación de Montecarlo de primer orden. Concluyendo así que no existe un riesgo de exposición en la población por el consumo de papas fritas, debido a que la dosis de exposición tanto del 50% como el 95% del consumo de la población de papas fritas resulto inferior a la Tasa diaria de ingesta TDI. El coeficiente de peligro de peróxidos resulto ser menor a 1 lo que significa que no hay una amenaza para la salud de la población.

Palabras clave: Peróxidos, papas fritas, evaluación del riesgo, oxidación lipídica



ABSTRACT

Toxic peroxides are produced by oxidation of the primary lipids, lipids to be subjected to high temperature and longer cooking time, these toxic compounds absorb causing changes in the chemical composition and involved in the development of many diseases such as atherosclerosis, chronic inflammatory diseases and neurodegenerative diseases.

The surveys showed that the population has a strong preference for this type of product because of its easy preparation and quick accessibility, although the preference of consumption is no more fries regarding sheathed sheathed.

The concentration of peroxides in potatoes is not sheathed 68.2 mEq O₂/kg and potatoes encased 47.6 mEq O₂/kg, these levels were above the norm admitted with Codex Alimentarius (15 mEq O₂ / Kg)

As potatoes not sheathed the peroxide concentration in samples collected in the morning was higher than those collected later statistically there is no significant difference between these values, although there is an 14% increase in concentration due to frying in the same oil for an extended time.

Two surveys reminder 24HR and FFQ consumption frequency was also applied, allowed to obtain quantitative and qualitative information of the estimated consumption of fries, related to the concentration of peroxides and the weight of each respondent a probabilistic analysis was performed. Getting the data distribution of the concentration of peroxides and consumption distribution data used for risk assessment was modeled using a Monte Carlo simulation of the first order. Thus concluding that there is no risk of exposure in the population by eating chips, because both the exposure dose of 50% to 95% of the population consumption of chips turned lower daily intake rate TDI. The hazard ratio of peroxides resulted lower than 1 which means that there is a threat to the health of the population.

Keywords: peroxides, fries, risk assessment, lipid oxidation



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
TABLA DE CONTENIDOS	3
LISTA DE TABLAS.....	7
CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR.....	9
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	10
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA	11
DERECHOS DE AUTOR.....	12
AGRADECIMIENTOS	13
DEDICATORIA.....	14
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 GRASAS Y ACEITES.....	18
2.1.1 Estructura general y composición	18
2.1.2 Propiedades generales	18
2.1.3 Aceites vegetales	19
2.1.4 Lípidos en la nutrición	19
2.1.5 Proyección del consumo de papas	20
2.2 PROCESO DE FRITURA	20
2.2.1 Variables que intervienen en la fritura	20
2.2.2 Aceites usados en la fritura	21
2.2.3 Sistemas de fritura.	22
2.2.3.1 Fritura continúa	22
2.2.3.2 Fritura discontinua	22
2.2.4 Alteraciones en la composición del aceite de fritura	23
2.3 OXIDACION DE LIPIDOS PRESENTES EN ALIMENTOS	24
2.3.1 Mecanismo de autooxidación	24
2.3.2 Fases del proceso de autooxidación	24
2.3.2.1 Iniciación	25
2.3.2.2 Propagación	26
2.3.2.3 Terminación	27
2.3.3 Factores que influyen en la velocidad de oxidación lipídica	28



2.3.4	Compuestos de oxidación lipídica.....	30
2.3.4.1	Compuestos de oxidación primaria	30
2.3.4.2	Compuestos de oxidación secundaria	31
2.4	ALTERACIONES Y EFECTOS TOXICOS DE LOS PRODUCTOS FRITOS.....	32
2.4.1	Tipos de alteración	32
2.4.2	Alteraciones durante la conservación de productos fritos	33
2.4.3	Sistemas de prevención de productos fritos.....	34
2.4.4	Efectos tóxicos y biológicos de los aceites calentados y de los productos de oxidación lipídica	34
2.5	RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES	35
2.5.1	Radicales libres	35
2.5.2	Estrés oxidativo	36
2.5.3	Antioxidantes	37
2.5.3.1	Antioxidantes primarios	37
2.5.3.2	Antioxidantes secundarios.....	38
2.6	NORMATIVA Y MARGEN DE SEGURIDAD DE PEROXIDOS EN ACEITES COMESTIBLES	39
2.6.1	Generalidades	39
2.6.2	Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados	40
2.7	ANALISIS DEL RIESGO	40
2.7.1	Evaluación del riesgo.....	41
2.7.1.1	Identificación del peligro.....	42
2.7.1.2	Caracterización del peligro.	42
2.7.1.3	Evaluación de la exposición.	42
2.7.1.4	Caracterización del riesgo.	43
2.7.2	Gestión del riesgo.	43
2.7.3	Comunicación del riesgo	43
2.7.4	Caracterización de riesgo.....	44
	CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1	TIPO DE ESTUDIO:	45
3.2	VARIABLES E INDICADORES	45
3.3	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.3.1	Población	46



3.3.2 Tipo de muestreo y descripción de las muestras.....	46
3.3.3 Selección aleatoria de lugares de muestreo	46
3.3.4 Tamaño de muestras tomadas	47
3.3.5 Preparación de las muestras analíticas.....	47
3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS, MÉTODOS Y TÉCNICAS	47
3.4.1 Aplicación de encuestas.....	47
3.4.2 METODO PARA LA EXTRACCION DE LIPIDOS.....	48
3.4.2.1 FUNDAMENTO (Wiley & CokGaA, 2004)	48
3.4.2.2 Materiales y equipos.....	49
3.4.2.3 Reactivos	49
3.4.2.4 Procedimiento	50
3.4.2.5 Notas sobre la extracción de grasa.....	53
3.4.3 MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE PEROXIDOS (Método colorimétrico).....	53
3.4.3.1 Fundamento (Kirk, Sawyer, & Egan, 1996)	53
3.4.3.2 Materiales y equipos.....	53
3.4.3.3 Reactivos	53
3.4.3.4 Procedimientos	54
3.4.3.5 Procedimiento preparación de reactivos.....	55
3.4.3.6 Fórmula.....	56
3.4.3.7 Expresión de resultados	56
3.4.3.8 Notas sobre la determinación de peróxidos.....	56
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	56
3.5.1 Estimación de la ingesta habitual	57
3.6 EVALUACION DEL RIESGO.....	57
3.6.1 Simulación de Montecarlo	58
3.7 Cociente de peligrosidad:.....	59
3.8 Cálculo de la dosis de ingesta tolerable (TDI).	60
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1 CARACTERÍSTICAS DEL MUESTREO PARA EL ANÁLISIS.....	61
4.2 CONSUMO PROMEDIO DE PAPAS FRITAS ENFUNDADAS Y NO ENFUNDADAS.....	62
4.3 ANÁLISIS DE PERÓXIDOS	65
4.3.1 Análisis de peróxidos en chips.....	65



4.3.2	Análisis de peróxidos en papas no enfundadas	66
4.3.3	Comparación de la concentración de peróxidos entre papas no enfundadas y chips	67
4.4	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN A PERÓXIDOS	68
4.4.1	Análisis probabilístico	69
4.5	COCIENTE DE PELIGROSIDAD	71
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		73
5.1	CONCLUSIONES	73
5.2	RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS		76
ANEXOS		82



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variables que intervienen en el proceso de fritura (Revol, 2002)	21
Tabla 2 Principales tipos aceites utilizados para la fritura. (Aguilera, 1997)	21
Tabla 3. Principales grupos de compuestos formados en los aceites y grasas durante el proceso de fritura. (Aguilera, 1997)	23
Tabla 4. Puntos de venta en la ciudad de Cuenca seleccionados en base a las encuestas de consumo	61
Tabla 5. Marcas comerciales de papas fritas enfundadas (chips) en base a las encuestas de consumo	62
Tabla 6. Características de la población por edad, peso y talla	63
Tabla 7. Consumo diario 24 HR (papas fritas no enfundadas- enfundadas chips)	63
Tabla 8. Porcentaje de consumidores habituales de papas fritas no enfundadas y chips	64
Tabla 9. Promedio de frecuencia de consumo (FFQ) – tipo de papas fritas	64
Tabla 10. Resultados de la concentración promedio de peróxidos en grasas extraídas en papas enfundadas Ver anexo 6	65
Tabla 11. Resultados de la concentración promedio de peróxidos en grasas extraídas de papas no enfundadas (mañana y tarde)	66
Tabla 12. Concentración peróxidos de las papas no enfundadas y enfundadas (chips)	68
Tabla 13. ESTIMACIÓN DE INGESTA g/ DÍA DE CONSUMIDORES HABITUALES Y NO HABITUALES DE LAS PAPAS FRITAS NO ENFUNDAS Y ENFUNDAS (CHIPS)	69
Tabla 14. Distribución probabilística de la concentración de peróxidos en papas fritas no enfundadas y enfundadas, expresado en mg peróxido/ Kg alimento	70
Tabla 15. Distribución probabilística del consumo de papas fritas no enfundadas y enfundadas, expresado en Kg alimento consumido/ Kg peso corporal/ día)	70
Tabla 16. Resultados de la evaluación de riesgo de exposición diaria a peróxidos por la ingesta de papas fritas mediante la simulación de Monte Carlo, expresado en mg O₂ / Kg peso corporal/ día	70
Tabla 17. Cociente de peligrosidad para las diferentes tipos de papas fritas	72



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 .Mecanismo de oxidación química de lípidos y sus productos: (Badui Dergel, Quimica de los Alimentos, 1993)	24
Figura 2 Fase de iniciación de la Autooxidación (Ramirez, 2009)	26
Figura 3 Fase de propagación de la Autooxidacion (Ramirez, 2009)	26
Figura 4 Fase de terminación de la Autooxidación (Ramirez, 2009)	27
Figura 5 Resume los mecanismos de autooxidación de lípidos: (Ramirez, 2009)	28
Figura 6 Evaluación de la exposición de los contaminantes químicos. (Dorne, Bordajandi, Amzal, & Ferrari, 2009).....	43
Figura 7 Trituración de muestras.....	50
Figura 8 Pesar la muestra.....	50
Figura 9. Homogenizar la muestra	51
Figura 10.Obtención del filtrado	51
Figura 11 Centrifugar las muestras	51
Figura 12.Muestra grasa (fase inferior) y fase de hexano (fase superior) 52	
Figura 13 Rotavapor.....	52
Figura 14 Muestra de grasa	52
Figura 15 Muestra de grasa adicionado tiocianato de amonio	54
Figura 16. Espectrofotómetro 500 nm	54
Figura 17. Coloración rojiza de la muestra por el cloruro ferroso	55
Figura 18. Adaptación de la representación esquemática de la evaluación de riesgo (Dorne, Bordajandi, Amzal, & Ferrari, 2009).....	59
Figura 19. Representación gráfica de evaluación de riesgo de exposición diaria a peróxidos por la ingesta de papas fritas (software @t Risk)	71



CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR

María José Vélez Vinueza, autora de la tesis “EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO EN LA VARIACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PEROXIDOS EN LAS DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS FRITAS, EXPENDIDAS EN LA CIUDAD DE CUENCA”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de MAGISTER EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, 27 de Noviembre de 2014

María José Vélez Vinueza

C.I: 0302213582



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

María José Vélez Vinueza, autora de la tesis “EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO EN LA VARIACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PEROXIDOS EN LAS DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS FRITAS, EXPENDIDAS EN LA CIUDAD DE CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 27 de Noviembre de 2014

María José Vélez Vinueza

C.I: 0302213582



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

DE	Dosis estimada
DS	Desviación estándar
EROS.	Especies reactivas de oxígeno
FAO	Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura
FFQ	Frecuencia de consumo
HQ	Coeficiente de peligro
IARC	Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer
IDA	Ingesta diaria admisible
IDE	Ingesta diaria estimada
IC	Índice de confianza
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
LOD	Límite de detección
M	Media aritmética
MOS	Margen de seguridad
MSM	Multiple Source Methodo
NOAEL	Nivel sin efecto adverso observable
OMS.	Organización Mundial de Salud
ROO-	Radical Peroxilo
R	Radical
TDI.	Ingesta diaria tolerable
TG	Triglicéridos
24HR	Recordatorio 24 Horas



DERECHOS DE AUTOR

El autor/es del presente trabajo y la Universidad de Cuenca, otorgan el permiso de usar esta tesis para fines de consulta y como referencia científico-técnica de apoyo.

Cualquier otro uso estará sometido a las Leyes de Propiedad Intelectual Vigentes. Otro tipo de permisos para usar el material de este documento, deberán ser obtenidos del autor expresamente.

Cuenca, a 27, Noviembre 2014.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente me gustaría agradecer a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

Al Centro de Estudios Ambientales ya que recibimos el conocimiento intelectual y humano de cada uno de los docentes.

A mi directora de tesis, Dra. Silvana Donoso Decana de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mi asesora Dra. Johana Ortiz por su ayuda en el desarrollo de cada una de las etapas de esta tesis, que con su experiencia en la investigación me ha sabido guiar acertadamente, brindándome el tiempo necesario y la información oportuna, además ha sido un ejemplo a seguir en el campo profesional por sus logros alcanzados. Por todo esto. Muchas gracias.

María José Vélez Vinueza



DEDICATORIA

A DIOS por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me ha enseñado a valorar cada día más.

A mi familia por ser el incentivo para seguir adelante en mi camino hoy, mañana y siempre.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi esposo que durante todo este tiempo ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional, y a mi bebé que está en camino por ser estímulo para finalizar esta Tesis.

María José Vélez Vinueza



CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Los alimentos fritos gozan de una gran popularidad por su aspecto y sabor agradable. En ellos ocurre la oxidación lipídica que es una de las causas principales de deterioro de los alimentos, particularmente en los alimentos que contienen grasa como las papas fritas, esto conduce al desarrollo de diversos malos olores, cambio de color y formación de sustancias tóxicas como los peróxidos. (Aguilera, 1997) En la oxidación de los lípidos se pueden distinguir tres fases: iniciación, propagación y terminación, dando compuestos de oxidación primaria como los peróxidos y compuestos de oxidación secundaria como alcoholes, aldehídos cetonas entre otros. (Badui Dergel, Química de los Alimentos, 1993) Varios estudios realizados establecen que estas fases de oxidación generan especies reactivas de oxígeno (EROS) precursoras del estrés oxidativo implicadas en el desarrollo de muchas enfermedades como aterosclerosis, diabetes, cáncer, enfermedades inflamatorias crónicas y enfermedades neurodegenerativas. (Fagali & Catala, 2011)

Al existir el hábito generalizado en la población de la Ciudad de Cuenca de consumir comidas rápidas, entre ellas las papas fritas en sus diferentes variedades, cuya composición química rica en lípidos y su preparación a altas temperaturas, sin que exista un control por parte de las autoridades, constituye un grave problema por lo que urge la necesidad de evaluar en ellas la cantidad de peróxidos para alertar a la comunidad sobre el peligro inminente que ocasiona su consumo. El riesgo radica en la reutilización del aceite que los comerciantes por reducir los costos practican de manera indiscriminada, situación que disminuiría, si expendedores y consumidores conocieran el daño potencial que representa.

Para determinación de peróxidos se utilizó la técnica espectrofotométrica ya que es factible por su fácil y económica realización que podría convertirse en una prueba de rutina en laboratorios bromatológicos y toxicológicos. La información de consumo, frecuencia y dosis fueron recolectadas mediante encuestas aplicadas a adolescentes entre las edades de 12 a 26 años, datos



fueron utilizados para la evaluación del riesgo toxicológico por medio de un análisis probabilístico.

La hipótesis planteada para la presente investigación fue:

- Las concentraciones elevadas de peróxidos en papas fritas (enfundadas y no enfundadas) causarán un riesgo toxicológico en la salud de la población de la Ciudad de Cuenca.

Además se propusieron los siguientes objetivos para demostrar dicha hipótesis:

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la concentración de peróxidos en papas fritas (enfundadas y no enfundadas) sometidas a altas temperaturas expandidas en lugares de mayor consumo en la ciudad de Cuenca y evaluar su riesgo toxicológico en la salud de la población.

OBJETIVO ESPECIFICO:

- Obtener información sobre los lugares de mayor expendio de papas fritas, mediante encuestas de consumo aplicadas a la población de la Ciudad de Cuenca.
- Determinar la concentración de peróxidos en dichos productos expandidos a diferentes horas del día, en los lugares de mayor expendio de la ciudad de Cuenca.
- Verificar la variación de la concentración de peróxidos en los diferentes tiempos de cocción de las papas fritas analizadas.
- Analizar el riesgo toxicológico de los productos de oxidación lipídica correlacionando con estudios previos que demuestre su toxicidad y mediante encuestas de consumo diario aplicadas a la población de la Ciudad de Cuenca



Una vez culminado el estudio, se puede afirmar que se cumplieron a cabalidad los objetivos propuestos, lo que permitió comprobar la hipótesis planteada, que las concentraciones elevadas de peróxidos en papas fritas (enfundadas y no enfundadas) no causan un riesgo toxicológico en la salud de la población de la Ciudad de Cuenca. Aunque la concentración de peróxidos en estas muestras se encuentran en niveles superiores a los parámetros establecidos por las Normas del Codex Alimentarius, que es de hasta 15 mEq O₂/ kg de alimento, (CODEX ALIMENTARIUS, 1981) En la evaluación del riesgo con datos del análisis probabilístico (Monte Carlo) la dosis de ingesta tanto del 50% como el 95% de la población de papas fritas y resulto inferior a la Tasa diaria de ingesta TDI emitido por normas internacionales.

Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que en algún momento pueda existir un riesgo en el consumo de dichos alimentos por la aparición de compuestos tóxicos que proviene de la oxidación lipídica y por la falta de un control adecuado en la preparación de comidas rápidas.

Con la presente investigación se pretende dar a conocer los problemas de salud provocados por estos compuestos tóxicos y así concientizar a la ciudadanía del riesgo que provocan; además, para que estos datos sirvan de aporte científico para implementar normas regulatorias por parte de la autoridades que hasta el momento no existen.



CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 GRASAS Y ACEITES

2.1.1 Estructura general y composición

Los lípidos junto con las proteínas y los carbohidratos constituyen los componentes estructurales mayoritarios de las células. A los esteres de glicerol de los ácidos grasos se les llama tradicionalmente grasas o aceites dependiendo a su estado físico a temperatura ambiente. (Fisher, 1984)

Todas las grasas están formadas por una combinación de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, pero generalmente predomina uno de ellos. Algunos alimentos tienen relativamente más grasas saturadas, como los lácteos y algunas carnes, mientras que otros, como la mayoría de los aceites vegetales y los pescados grasos, contienen más grasas insaturadas. (Fagali & Catala, 2011)

Las grasas y aceites están compuestos principalmente por triglicéridos, fosfolípidos, esteroides y carotenoides. En los triglicéridos predominan ácidos grasos de 12 a 18 átomos de carbono, los ácidos grasos más abundantes en la mayoría de las grasas son el oleico, (18: 1) en donde representa el número átomos de carbono y las insaturaciones, el palmítico (16: 0) que se encuentra presente en aceites vegetales. (Donoso, 1996)

2.1.2 Propiedades generales

Las grasas son insolubles en agua y en solventes no acuosos, su solubilidad se incrementa con la insaturación de los ácidos grasos y baja cuando la longitud de la cadena de los ácidos aumenta. La solubilidad varía con la temperatura.

Cuando se exponen al oxígeno del aire lo absorben en diferente proporción según el grado de insaturación, esto hace que se deterioren y aparezcan sabores y aromas a rancio (Fagali & Catala, 2011)



2.1.3 Aceites vegetales

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía. Los más comunes son la colza (canola), soja, maíz, girasol, palma, cártamo, maní, etc. (Zumbado, 2002)

Muchos aceites vegetales son preferibles a las grasas animales para el consumo humano. Esto se debe a que son ricos en ácidos grasos mono o poliinsaturados, una cualidad muy importante para la transformación de grasa en el organismo humano. Sin embargo, algunos aceites vegetales contienen una elevada proporción de grasas saturadas (coco y palma). (Fennema, 1982)

2.1.4 Lípidos en la nutrición

La grasa es la principal reserva energética del cuerpo humano y es la fuente de energía más concentrada de la dieta - 1 gramo de grasa aporta (9 Kcal), más del doble de la que proporcionan las proteínas o los carbohidratos (4 Kcal).

Los depósitos grasos rodean y protegen los órganos vitales y contribuyen a aislar al organismo del frío.

La grasa transporta las vitaminas liposolubles A, D, E y K y permite la absorción de dichas vitaminas. Aporta los ácidos grasos esenciales, el ácido linoleico (omega-6) y el ácido alfa-linolénico (omega-3).

Entre el 85 y 90% del oxígeno consumido por el humano es utilizado por la mitocondria para producción de energía, mientras que el 10-15 % restante es utilizado en reacciones químicas no enzimáticas y por varias enzimas oxidasas y oxigenasas.

Los lípidos que contienen ácidos grasos poli insaturados son susceptibles a las reacciones con oxígeno sin generación de energía. Esto ocasiona pérdida de la fluidez y funciones de las membranas de las que forman parte, inactivación de los receptores y enzimas unidos a membranas, aumento de la permeabilidad



iónica y, eventualmente, ruptura de membrana y muerte celular. La incorporación de oxígeno a la estructura del lípido se conoce como peroxidación lipídica y puede ser catalizada por radicales libres. (FAO- OMS, 1997)

2.1.5 Proyección del consumo de papas

En Sudamérica la cantidad de papa destinada a la industria se elevó del 2 al 20% y en Ecuador del 0,5 al 11%, en los últimos cinco años. De este volumen la industria de chips procesa alrededor del 50.48%, los restaurantes y afines el 49.52%. En un estudio preliminar realizado por el Programa de papa del INIAP, se determinó que el 45 % de empresas que expenden papas tipo bastón en Quito, realizan un proceso de prefritura y fritura final, mientras que un 15% compran papas precocidas y congeladas. (Villares, Coba, Monteros, & Lucero)

El sector industrial según las necesidades y la oferta nacional, recurre a las importaciones, de papa fresca fue de 7.7 toneladas, mientras que de papa prefrita congelada fue de 5640 toneladas. Las proyecciones de consumo de productos procesados a base de papa, señalan un aumento significativo para los productos precocidos, prefritos y fritos, lo cual está estrechamente asociado con los nuevos patrones de consumo, representados por la comida rápida. (Andrade, Bastidas, & Sherwood) Y (Banco Central de Ecuador, 2002)

2.2 PROCESO DE FRITURA

2.2.1 Variables que intervienen en la fritura

La fritura es el proceso culinario o industrial que utiliza aceite o grasa calentada a elevada temperatura, en el interior del cual se introduce el alimento para su preparación o cocción. Según (Revol, 2002) numerosas variables conducen el avance del proceso y llevan a la optimización de las condiciones de fritura para cada tipo de producto.



a) Dependientes del proceso	-Temperatura/Tiempo -Método de fritura Sartén Freidora (continua, discontinua) -Material del recipiente
b) Dependientes del tipo de aceite	Composición del aceite Aditivos
c) Dependientes del alimento a freír	Relación superficie/volumen Cobertura Humedad

Tabla 1. Variables que intervienen en el proceso de fritura (Revol, 2002)

2.2.2 Aceites usados en la fritura

El proceso térmico, destruye bacterias, toxinas y ciertos enzimas, además de disminuir la humedad relativa del alimento. El aceite vegetal usado en la fritura (tabla 2) determina la aceptabilidad del alimento, ya que en parte, el aceite de fritura es absorbido por éste. En el aceite de fritura se producen una gran cantidad de cambios físicos y químicos, como consecuencia de la interacción entre el aceite, el agua y otros componentes del alimento. Por todo ello, el aceite utilizado determina la calidad del alimento, así como las condiciones del proceso y la composición del producto (Aguilera, 1997)

Tipo	Grasas y aceites
Aceites vegetales	Palma, Oliva, Girasol. Soja, Maíz Algodón, Soya
Grasas vegetales	Palma, Coco
Fraciones de grasas	Estearina de algodón Oleína de palma Estearina de palma
Grasas Hidrogenadas	Aceite de pescado hidrogenado Oleína de palma hidrogenada Aceite de soja hidrogenado

Tabla 2 Principales tipos aceites utilizados para la fritura. (Aguilera, 1997)



Una amplia variedad de aceites y grasas refinadas son utilizados como medio de fritura, donde los aceites mayoritariamente monoinsaturados son los más utilizados, ya que presentan ventajas respecto a las grasas saturadas o parcialmente hidrogenadas por cuestiones relacionadas con la salud, y también respecto a los aceites poliinsaturados, por cuestiones de estabilidad y calidad sensorial. (Revol, 2002), (Bravo & Perduca, 2012)

Los aceites para fritura deben ser frescos y sujetos a criterios de calidad ya que esta puede tener una gran influencia en la calidad del producto frito y en la estabilidad del aceite a elevadas temperaturas. (Valenzuela, Sanhueza, Nieto, Petersen, & Tavella, 2003)

2.2.3 Sistemas de fritura.

2.2.3.1 Fritura continúa

Se trata de un proceso de fritura que permite trabajar con incorporación continua de materia prima a freír y de aceite, para mantener constantes las condiciones del proceso. Dentro de este grupo se encuentra la fritura industrial aplicada a las patatas y a ciertos productos de aperitivo (snack). Este tipo de fritura origina grandes volúmenes de producto, que se generan en un equipo moderno en un corto periodo de tiempo. (Revol, 2002)

2.2.3.2 Fritura discontinua

Los procedimientos de fritura discontinua pueden subdividirse en dos, en sartén o en freidora. Las condiciones del proceso son diferentes (aireación, relación masa producto/ masa aceite, tiempo y superficie de contacto, etc.). Sin embargo, el proceso de fritura discontinua más representativo en la industria es la freidora de cuba estática. Las cubas son fabricadas en acero inoxidable y el aceite es calentado directamente por medio de una resistencia eléctrica que se encuentra situada en el interior del recipiente y que está controlada termostáticamente. . (Revol, 2002)



Según Leccker & Carrasco, 2000) la temperatura usual depende del producto a freír y suele oscilar entre 160-175 °C. La freidora no debe ser sobrecargada con producto, ni el tiempo de fritura debe sobrepasar el conveniente, porque ello puede afectar la calidad del producto de forma adversa. El uso de tapas metálicas para cubrir la superficie del aceite caliente reduce la incorporación de oxígeno en frituras que exijan intervalos largos. (Revol, 2002)

2.2.4 Alteraciones en la composición del aceite de fritura

La fritura es un proceso de naturaleza muy compleja, en la que se ven implicadas numerosas reacciones que afectan a los componentes de la materia grasa que se utiliza como medio de fritura tanto los componentes mayoritarios (Triglicéridos TG), como los componentes del insaponificable (esteroles, tocoferoles, carotenos, etc.). (Aguilera, 1997) A partir de tres agentes (agua, oxígeno y temperatura elevada), que actúan favoreciendo diversas reacciones, los componentes de los aceites sometidos a fritura experimentan diversas alteraciones. Tabla 3 (Aguilera, 1997)

Tipo de alteración	Agente causante	Compuestos nuevos resultantes
Hidrolítica	Humedad	Ácidos grasos libres Diacilgliceroles Monoacilgliceroles
Oxidativa	Aire	Monómeros oxidados (TG) Dímeros y polímeros oxidados (TG) Compuestos volátiles (aldehídos, cetonas, hidrocarburos, etc.) Óxidos de esteroles
Térmica	Temperatura	Dímeros y polímeros no polares Monómeros cíclicos (TG) Isómeros trans (TG) y de posición

Tabla 3. Principales grupos de compuestos formados en los aceites y grasas durante el proceso de fritura. (Aguilera, 1997)

2.3 OXIDACION DE LIPIDOS PRESENTES EN ALIMENTOS

2.3.1 Mecanismo de autooxidación

La Autooxidación de lípidos es el proceso por el cual los lípidos son oxidados por el oxígeno molecular, es la más común en alimentos que contienen grasas y otras sustancias insaturadas; consiste principalmente en la oxidación de los ácidos grasos con dobles ligadura, la mayor causa de deterioro de los alimentos, ya que da lugar a la aparición de sabores y olores desagradables, disminuye la calidad nutritiva de los alimentos y en algunos casos, produce compuestos tóxicos entre estos los peróxidos compuestos de oxidación primaria. (Badui Dergel, Química de los Alimentos, 1993)

2.3.2 Fases del proceso de autooxidación

En la oxidación de los lípidos se pueden distinguir tres fases o etapas: Iniciación, propagación y terminación.

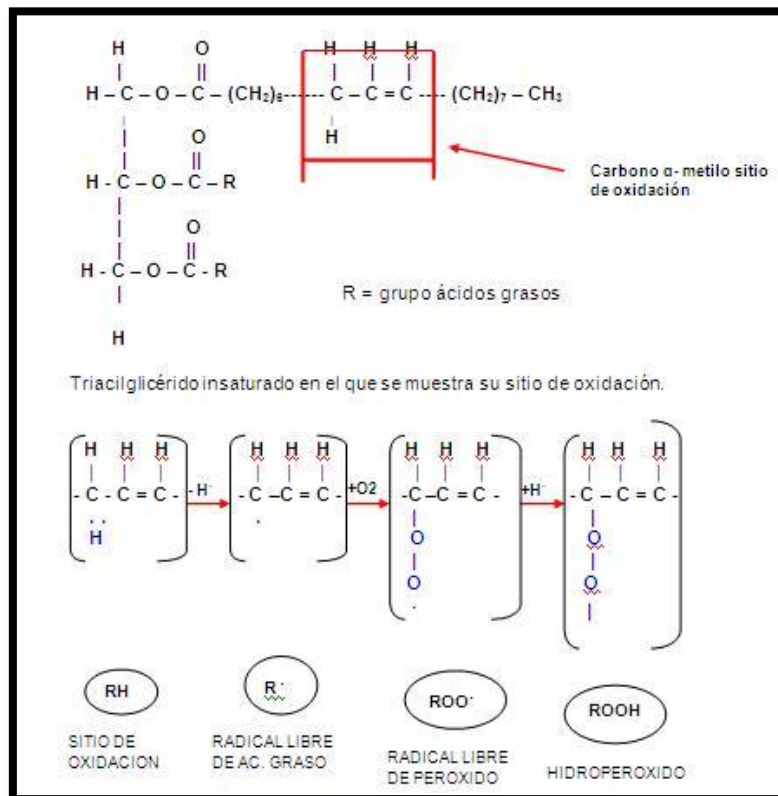


Figura 1 .Mecanismo de oxidación química de lípidos y sus productos: (Badui Dergel, Química de los Alimentos, 1993)



En la etapa de iniciación el radical lipídico, R; se forma a partir del lípido (RH), usualmente por el ataque de radicales, luz, calor, irradiaciones o por trazas de metales. El radical lipídico formado reacciona rápidamente con oxígeno para dar un radical peroxilo, ROO; el cual ataca otra molécula de lípido y sustrae un átomo de hidrógeno para formar un hidroperóxido lipídico ROOH, y un nuevo radical lipídico, que inicia de nuevo la secuencia de propagación. De esta manera, muchas moléculas de lípidos pueden ser oxidadas hasta hidroperóxidos por muchas formas de iniciación. El ciclo de propagación es interrumpido por las reacciones de terminación, en las cuales hay consumo de los radicales. Las interacciones bímoleculares de radicales libres originan productos no-radicales muy estables. (Rojano, 1997)

2.3.2.1 Iniciación

La absorción de oxígeno exige la intervención de radicales libres; esto explica que al comienzo de la oxidación exista un periodo de inducción, hasta que la concentración de radicales libres alcanza un cierto nivel. En esta fase de formación de radicales libres, en el cual un hidrocarburo insaturado cede un protón para formar un radical libre (un hidrocarburo de la forma de $\text{---CH}_2\text{-CH}=\text{CH---}$ de la cadena hidrocarbonada del ácido graso del acilglicerol), presenta un hidrógeno altamente activo por la influencia de un enlace doble adyacente, esto hace que la energía del fotón sea suficiente para producir un radical R \cdot al actuar sobre uno de los hidrógenos. Debido a su distribución electrónica inestable, se transforma rápidamente en dos híbridos de resonancia conjugados más estables y en equilibrio que, en presencia del oxígeno, generan los correspondientes radicales **hidroperóxidos** finalizando la etapa de inducción y comenzando la etapa de la propagación con la intervención del oxígeno. Ver figura 2

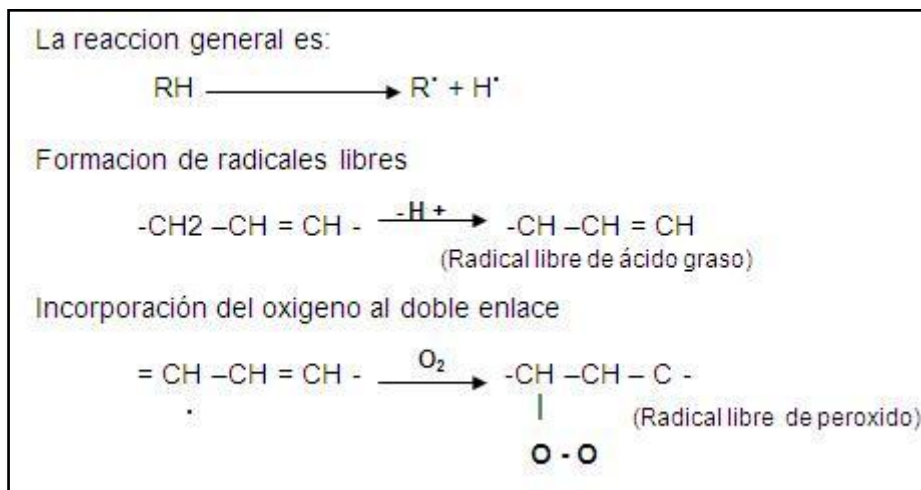


Figura 2 Fase de iniciación de la Autooxidación (Ramirez, 2009)

2.3.2.2 Propagación

Los radicales libres formados en la primera etapa reaccionan con el oxígeno para dar origen a radicales hidropéroxidos. Estos nuevos radicales son capaces de aceptar átomos de hidrogeno de otras moléculas, para producir hidropéroxidos y nuevos radicales libres. Figura 3. Debido a la resonancia para estabilizar las especies R., la secuencia de la reacción está acompañada por un movimiento de los dobles enlaces, resultando en la formación de hidropéroxidos isomericos que generalmente contienen dienos conjugados, raros en la grasas no oxidadas. (Navarro, Bringas, & Pacheco, 2004)

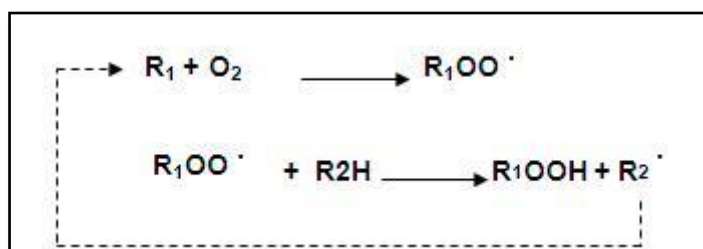


Figura 3 Fase de propagación de la Autooxidación (Ramirez, 2009)

2.3.2.3 Terminación

Los radicales libres interactúan entre sí para dar origen a compuestos no radicales.

Los hidroperóxidos son compuestos inestables que se descomponen para producir más radicales libres y productos de menor peso molecular como ácidos de cadena corta, alcoholes, aldehídos, cetonas, hidrocarburos, etc.

Figura 4.

Adicionalmente, en esta etapa los compuestos generados incluyendo a los radicales libres son capaces de reaccionar entre sí para producir compuestos dimericos y poliméricos. (Navarro, Bringas, & Pacheco, 2004), (Fereidoon & Ying Zhong)

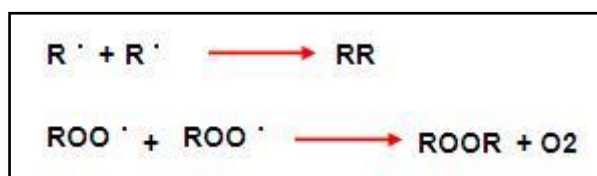


Figura 4 Fase de terminación de la Autooxidación (Ramirez, 2009)

De manera general se presentan las tres etapas de la Autooxidación de lípido.

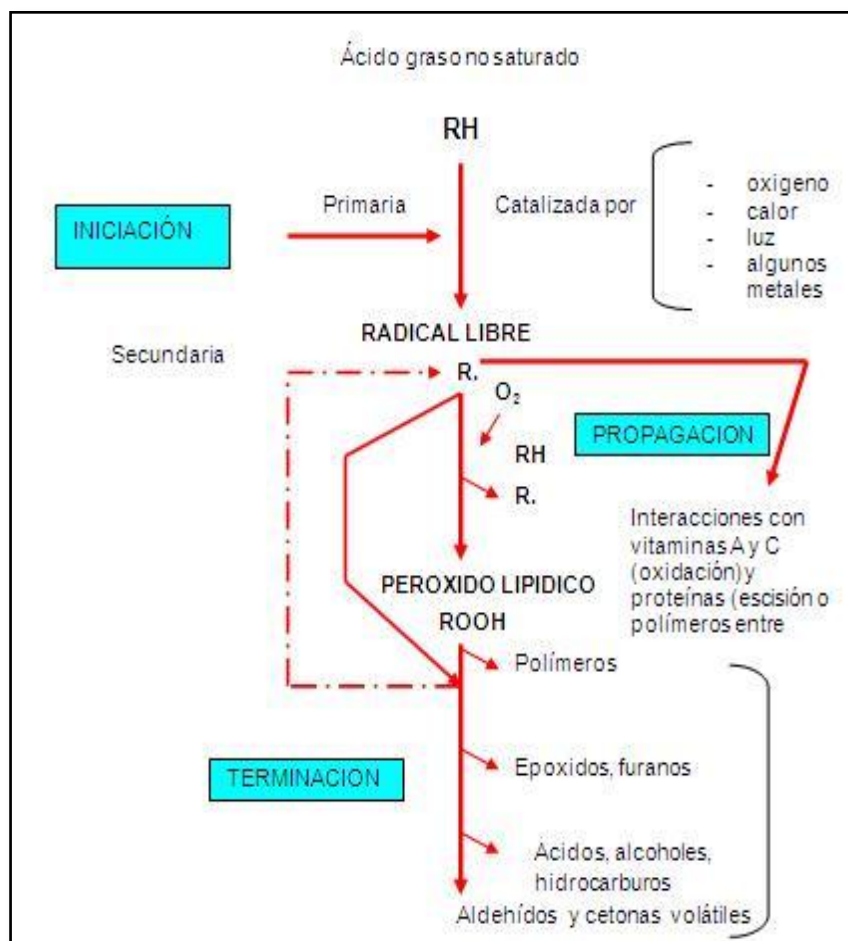


Figura 5 Resume los mecanismos de autooxidación de lípidos: (Ramirez, 2009)

2.3.3 Factores que influyen en la velocidad de oxidación lipídica

Dentro de los factores implicados en la cinética de oxidación de los lípidos presentes en los alimentos se pueden enumerar los siguientes:

- Composición en ácidos grasos: Los ácidos grasos insaturados son más fácilmente autooxidables, a temperatura ambiente, que los ácidos grasos saturados. Sin embargo a altas temperaturas los ácidos grasos saturados experimentan una significativa oxidación. (Devasagayam & Bloor, 2003)



- Concentración de oxígeno: Cuando la presión de oxígeno es muy baja la velocidad de oxidación lipídica aproximadamente es proporcional a ella.
- Temperatura: Las altas temperaturas aceleran la autooxidación especialmente por encima de 60°C, de tal manera que la velocidad se duplica por cada 15°C de aumento; cabe aclarar que la refrigeración y aún la congelación no necesariamente la inhibe por la presencia de catalizadores.
- Superficie libre: A medida que aumenta el área expuesta al aire, la oxidación aumenta.
- Humedad: La velocidad de oxidación depende en gran medida de la actividad de agua. En los alimentos desecados con una actividad de agua menor o igual a 0,1 la oxidación aumenta notablemente. Con una actividad de agua de 0,3 se retarda la oxidación lipídica y por encima de 0,55 la velocidad vuelve a aumentar de nuevo. (Bravo & Perduca, 2012)
- Pro-oxidantes: Los metales de transición disminuyen el período de inducción, aumentando la velocidad de oxidación de los lípidos.
- Metales pesados. Los alimentos lipídicos generalmente contienen trazas de iones metálicos, que pueden proceder del equipo de refinación, del proceso de hidrogenación, del envase. Los metales pesados que incrementan la velocidad de oxidación de los ácidos grasos, son aquellos que poseen dos o más estados de oxidación y .que tienen además un potencial redox intermedio, como es el caso del Cu, Fe y Mn.



Los iones metálicos pueden iniciar la autooxidación sólo cuando hay presencia de hidroperóxidos a los que descomponen en radicales.

- Fotooxigenación. Mediante el ataque directo del oxígeno en su forma estable (estado triplete) a los dobles enlaces de los ácidos grasos (RH) ya que los enlaces C=C de los RH y ROOH están en estado singulete por lo que esta reacción no obedecerá a la ley de conservación del spin. La reacción se explicaría si el oxígeno singulete ($^1 O_2$), una de las formas más activas en el deterioro foto oxidativo, es el responsable de la iniciación. (Donoso, 1996) (Rojano, 1997)

2.3.4 Compuestos de oxidación lipídica.

Entre estos compuestos lo podemos distinguir dos grupos:

2.3.4.1 Compuestos de oxidación primaria

Un primer tipo de compuestos derivados de la oxidación de los ácidos grasos insaturados y de otras moléculas insaturadas son los hidroperóxidos que son los compuestos de oxidación primaria más característicos y abundantes, y que su estructura vendrá determinada por la mezcla de ácidos grasos (especialmente los poliinsaturados) presentes en el aceite de fritura, A temperatura de fritura, los hidroperóxidos existen de una forma transitoria debido a su baja termoestabilidad y se descomponen en productos secundarios volátiles y no volátiles. (Navarro, Bringas, & Pacheco, 2004) (Herrera, 2003)



2.3.4.2 Compuestos de oxidación secundaria

Compuestos no volátiles

Son productos formados durante el proceso de fritura, como consecuencia de diversas reacciones sufridas por los peróxidos lipídicos.

Los peróxidos pueden sufrir reacciones de fisión, formando alcoholes, aldehídos, ácidos e hidrocarburos, o bien reacciones de deshidratación que forman cetonas, mientras los radicales peróxido pueden también dar lugar a la formación de dímeros, trímeros, epóxidos, éteres, etc. Muchos de ellos son productos no volátiles, que permanecen por tanto en el aceite y cuya concentración determina el cambio de numerosas propiedades físicas, como el color, la viscosidad, la constante dieléctrica, la capacidad de formar espuma

Estos compuestos no volátiles son retenidos en el aceite y, por tanto, serán absorbidos por los productos fritos y llegarán al consumidor. Es precisamente esta estabilidad y evolución en el tiempo en el aceite usado y el producto frito lo que los convierte en parámetros muy útiles para el control del desarrollo de las reacciones oxidativas durante la fritura. (Fereidoon & Ying Zhong)

Compuestos volátiles

Los compuestos volátiles de oxidación tienen una gran repercusión desde el punto de vista sensorial y son los responsables del aroma propio (a bajas concentraciones), así como del olor a rancio y de posibles aromas y gustos no deseables de los aceites de fritura utilizados y de los productos fritos en los



mismos. Entre ellos destacan algunos hidrocarburos, alcoholes, aldehídos y cetonas y, en menor proporción, los furanos y ácidos carboxílicos. (Frankel, Neff, & William, 1983) (Navarro, Bringas, & Pacheco, 2004)

2.4 ALTERACIONES Y EFECTOS TOXICOS DE LOS PRODUCTOS FRITOS

2.4.1 Tipos de alteración

Existen diversos fenómenos físicos y químicos que ocurren en la matriz del producto sometido a fritura durante este proceso. Entre ellos:

- Fenómenos de transferencia o transporte: Transferencia de agua del alimento al medio de fritura y posterior evaporación.
- Absorción y adsorción por parte del alimento de compuestos de alteración del aceite, lo que origina cambios en la composición del alimento. Estos dependen de la capacidad de penetración del aceite de fritura, la cual se ve afectada por factores como la temperatura y el tiempo de fritura y por las características del alimento (superficie, estructura, humedad, porosidad, forma).
- Transferencia de calor, lo que origina deshidratación e interacciones químicas entre los aceites de fritura y los componentes naturales del producto frito originando sustancias nuevas producidas en el seno del alimento.
- Deformaciones mecánicas incluyendo expansiones, disgregación de la matriz sólida, desarrollo de porosidad y de una superficie rugosa.



- Reacción de Maillard, degradación de proteínas y reacciones de pirólisis, condensación y polimerización.
- Transformaciones fisicoquímicas, como la gelatinización, la retrogradación del almidón, la gelificación de ciertas proteínas, etc. (Ramirez, 2009) (Revol, 2002)

2.4.2 Alteraciones durante la conservación de productos fritos

Aunque en los alimentos, los lípidos se pueden oxidar a través de mecanismos enzimáticos y no enzimáticos; en los productos sometidos a fritura el mecanismo no enzimático es prácticamente la única vía, debido a la destrucción de las enzimas a elevadas temperaturas. Durante la conservación de los productos fritos se producen procesos de oxidación no enzimáticos, tanto el fenómeno de fotooxidación, como el de autooxidación. Estos procesos de oxidación influyen sobre la calidad nutritiva del alimento y generan ciertos productos de oxidación potencialmente tóxicos. La fotooxidación generalmente se da con menor frecuencia, y en los productos de aperitivo y patatas fritas queda generalmente minimizada debido a la utilización de envases opacos, normalmente metalizados que impiden sustancialmente estas reacciones fotoquímicas. Por tanto, la autooxidación se convierte en el mecanismo principal de la aparición de sabores y olores anómalos.

En este proceso de autooxidación de elevada complejidad en los sistemas lipídica constituidos por los alimentos, se originan los hidroperóxidos que son productos primarios de autooxidación lipídica relativamente inestables. Éstos participan en numerosas reacciones de elevada complejidad generando un



elevado número de compuestos de diferente peso molecular y significado biológico que en conjunto, preocupan a la industria alimentaria y a salud pública. (Navas, Alba, Codony, & Boatella, 2004) (Valenzuela, Sanhueza, Nieto, Petersen, & Tavella, 2003)

2.4.3 Sistemas de prevención de productos fritos

Una oxidación excesiva del producto frito, origina rancidez acompañada de una pérdida nutricional y la aparición de sabores y olores no deseables. Por ello, cobra una mayor importancia la presencia de antioxidantes en el medio de fritura, junto con la estanqueidad del envase y el envasado en atmósferas inertes como factores de conservación del producto frito. (Gil Hernandez, 2010), (Bravo & Perduca, 2012)

2.4.4 Efectos tóxicos y biológicos de los aceites calentados y de los productos de oxidación lipídica

La autooxidación, los ácidos grasos, saturados o insaturados, pueden sufrir reacciones de descomposición cuando se someten a temperaturas elevadas (comidas rápidas), en presencia o en ausencia de oxígeno. La degradación de los ácidos grasos saturados con oxígeno implica la formación de monohidroperóxidos, cuya ruptura produce sustancias de peso molecular bajo, como cetonas, hidrocarburos, aldehídos, acroleína, monóxido y dióxido de carbono, etc.

El malonaldehído es uno de los principales productos de la ruptura de los hidroperóxidos provenientes de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados linoleico, linolénico y araquidónico.



Los radicales libres de oxígeno tienen una enorme capacidad para causar lesión irreversible a las membranas biológicas. De esta forma es probable que el metabolismo de éstas grasas quemadas u oxidadas contribuyan al proceso aterogénico. (Niedernhofer, Scott, Rouzer, & Lawrence, 2003)

Los experimentos de alimentación de animales demuestran que las grasas muy maltratadas o los compuestos aislados de dichas grasas deprimen el crecimiento, reducen la absorción de grasas, producen hipertrofia del hígado y riñones, niveles más bajos de grasa corporal, pérdida del apetito, diarrea, mayor contenido de lípidos en el hígado (hígado graso), y posiblemente carcinogenicidad e interferencia con la reproducción en las ratas hembras. En casos de consumo prolongado se ha observado cáncer hepático y la muerte de los animales. (Lawrence & Marnett, 1998)

Por otra parte, se ha estudiado la mutagenicidad de grasas oxidadas y se ha visto que la formación de los compuestos dañinos depende de las condiciones en que se efectúa el freído (Tama, Sanchez, & Montaña, 2002)

2.5 RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES

2.5.1 Radicales libres

Un radical libre se puede definir como un átomo o molécula que contiene uno o más electrones desapareados. Es capaz de una existencia independiente. Un electrón desapareado es un electrón que ocupa un orbital solo. Los radicales libres son generalmente más reactivos que los no-radicales debido a su electrón desapareado, pero diferentes radicales varían ampliamente su reactividad.

La molécula de oxígeno (O_2) califica como un radical libre porque contiene dos electrones desapareados, pero no es particularmente reactiva debido a una



distribución electrónica especial. Sin embargo, en los pasos intermedios de la reducción del oxígeno a agua se pueden formar radical anión superóxido ($O_2^{\bullet-}$), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y radical hidroxilo (HO^{\bullet}).

Los radicales pueden reaccionar con otras moléculas de diversas maneras. Dos radicales libres pueden compartir sus electrones formando un enlace covalente y generando una especie no radicalaria. Un radical puede ceder o tomar un electrón de una especie no radical convirtiéndola en un nuevo radical. Dado que la mayoría de las moléculas presentes en los organismos vivos son no radicales, un radical libre las podrá atacar generando nuevos radicales. Así, los radicales libres generan reacciones en cadena. Finalmente, los radicales formado pueden reaccionar con un antioxidante cortador de cadena que debido a sus propiedades estructurales, puede estabilizar el electrón desapareado haciéndolo menos reactivo. (Fagali & Catala, 2011)

2.5.2 Estrés oxidativo

Es un desbalance entre antioxidantes y prooxidantes (radicales libres y otras especies reactivas)

Este desbalance puede deberse a un efecto de depleción de antioxidantes endógenos, una insuficiente incorporación dietaria de antioxidantes y/o una aumentada producción de radicales libres u otras especies reactivas.

Los daños producidos por radicales libres pueden acumularse en el tiempo y pueden contribuir a las lesiones celulares y al desarrollo de enfermedades humanas. Los radicales libres han sido implicados en el desarrollo de muchas



patologías incluyendo aterosclerosis, diabetes, cáncer, enfermedades inflamatorias crónicas, enfermedades neurodegenerativas y el proceso de envejecimiento. (Rodriguez, Menendez, & Trujillo, 2001)

2.5.3 Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias presentes en bajas concentraciones respecto al sustrato oxidable y que retardan significativamente la oxidación de éste. El antioxidante ideal debe cumplir una serie de criterios para ser utilizado en alimentos: seguridad e inocuidad; no proporcionar color, olor ni flavor; ser efectivos a bajas concentraciones; presentes en el alimento acabado; y ser estables en el mismo; ser liposolubles y disponibles a bajo precio.

Según su función los antioxidantes se clasifican en:

2.5.3.1 Antioxidantes primarios

Su capacidad antioxidante se basa en la cesión de átomos de hidrógeno o electrones a radicales libres convirtiéndolos en productos más estables. En este proceso los antioxidantes se convierten en radicales mucho menos reactivos debido a su capacidad de estabilizar por deslocalización el electrón desapareado sobre su estructura. Entre ellos se encuentran los galatos, los tocoferoles, el butilhidroxianisol y el butilhidroxitolueno. Los antioxidantes primarios actúan en diferentes etapas del proceso oxidativo (Rojano, 1997)

- Inhiben o retrasan la iniciación de la oxidación reaccionado con radicales alquilo.



- Inhiben la cadena de propagación reaccionando con radicales peroxilo o alcoxilo.
- Forman dímeros en etapas de terminación, originando formas no radicalarias que favorecen la finalización de las reacciones en cadena de los radicales libres.

Los antioxidantes primarios son consumidos por los radicales libres generados. Por ello, son efectivos si son adicionados en las primeras etapas de iniciación cuando todavía la etapa de propagación no es significativa.

2.5.3.2 Antioxidantes secundarios

Entre los cuales se encuentran captadores de oxígeno como el ácido ascórbico o el palmitato de ascorbilo, agentes quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético, y otros compuestos de diferente naturaleza a los que se les atribuye diferentes mecanismos de acción como los nitrilos. (Rojano, 1997)

Estos compuestos que actúan impidiendo o disminuyendo la formación de radicales libres por uno o varios de los siguientes mecanismos

- Cediendo electrones o átomos de hidrógeno a radicales de un antioxidante primario y consecuentemente, regenerándolo.
- Facilitando un entorno ácido, lo que aumenta la estabilidad de los antioxidantes primarios



- Quelando iones metálicos, evitando así las reacciones catalizadas por metales.
- Desactivando el oxígeno singulete.
- Captando oxígeno.
- Descomponiendo hidroperóxidos en especies no radicalarias.
(Rodríguez, Menendez, & Trujillo, 2001)

2.6 NORMATIVA Y MARGEN DE SEGURIDAD DE PEROXIDOS EN ACEITES COMESTIBLES

2.6.1 Generalidades

La formación de peróxidos por descomposición inducida de ácidos grasos insaturados cuando son sujetos a calentamiento intermitente. Bajo estas condiciones, los hidroperóxidos se acumulan a bajas temperaturas contribuyendo a la formación de radicales cuando los aceites son recalentados; por ello se considera la fritura discontinua más destructiva que la fritura continua. (Revol, 2002) Sin embargo, la naturaleza inestable de los radicales libres y de los hidroperóxidos a la temperatura de fritura, les resta relevancia por sí mismos y sólo debemos contemplar su papel como intermediarios de reacción. Por lo que son el punto de partida de la formación de numerosos compuestos (dímeros, monómeros cíclicos, compuestos carbonílicos, alcoholes, hidrocarburos, etc.) (Valenzuela, Sanhueza, Nieto, Petersen, & Tavella, 2003) (Silva & Guayta, 2008)



2.6.2 Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados

La presente Norma se aplica a las grasas y aceites comestibles y mezclas de los mismos en estado idóneo para el consumo humano

Características de calidad

Color el característico del producto designado.

Olor y sabor los característicos del producto designado, que deberá estar exento de olores y sabores extraños o rancios.

Índice de peróxido: grasas y aceites hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite (CODEX ALIMENTARIUS, 1981) (ALIMENTARIUS, 1993)

2.7 ANALISIS DEL RIESGO

El análisis de riesgos se utiliza para elaborar una estimación de los riesgos para la salud y la seguridad humanas, identificar y aplicar medidas adecuadas para controlar los riesgos y comunicarse con las partes interesadas para notificarles los riesgos y las medidas aplicadas.

Puede utilizarse para respaldar y mejorar la elaboración de normas, así como para abordar cuestiones de inocuidad de los alimentos resultantes de los nuevos peligros o de desajustes en los sistemas de control de los alimentos. Según la definición del Codex, un peligro alimentario es “un agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que éste se



halla, que puede causar un efecto adverso para la salud”. (FAO, Analisis de riesgo relativo a la inocuidad de los alimentos, 2007)

Según la FAO 2006 el análisis de riesgo tiene tres componentes que son: evaluación, gestión y comunicación del riesgo.

2.7.1 Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo es la actividad científica para valorar las propiedades tóxicas de una sustancia y las condiciones de exposición humana a dicha sustancia, tanto para cerciorarse de la posibilidad de que los expuestos tengan efectos adversos como para caracterizar la naturaleza de los efectos que puedan experimentar.(FAO, WHO,IPCS, 2009)

- Evaluación de riesgos: Proceso científico que consiste en los pasos siguientes:
 - identificación de peligros
 - caracterización de peligros
 - evaluación de exposición,
 - caracterización de riesgos.



2.7.1.1 Identificación del peligro

Identificación de los agentes biológicos, químicos y físicos que pueden causar efectos nocivos para la salud y que pueden estar presentes en un determinado alimento o grupo de alimentos. (FAO, 2007)

2.7.1.2 Caracterización del peligro.

Evaluación cualitativa y/o cuantitativa de la naturaleza de los efectos nocivos para la salud relacionados con agentes biológicos, químicos y físicos que pueden estar presentes en los alimentos.

2.7.1.3 Evaluación de la exposición.

Es una combinación de los datos de exposición con los datos de consumo, mediante un análisis probabilístico. (FAO., 2006)

Para esto los datos sobre el consumo de alimentos y los datos de exposición puede ser combinado utilizando un enfoque determinista, también llamado " punto " estimación, o un enfoque probabilístico. Que se basa en la selección de un nivel fijo en la distribución del consumo multiplicado por un valor fijo elegido de la distribución de la concentración. El valor de contaminación podría ser el Percentil 95 o los niveles máximos autorizados en el Reglamento o un valor medio (media) de los datos de presencia, que se utilizan para evaluar diversos escenarios de riesgo. (Dorne, Bordajandi, Amzal, & Ferrari, 2009)

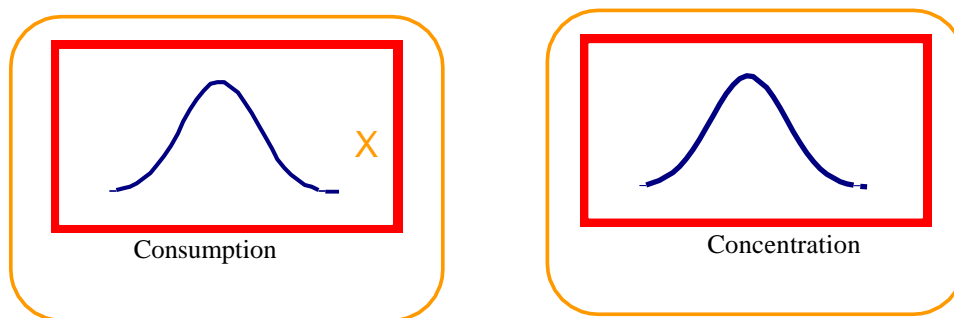


Figura 6 Evaluación de la exposición de los contaminantes químicos. (Dorne, Bordajandi, Amzal, & Ferrari, 2009)

2.7.1.4 Caracterización del riesgo.

Evaluación cualitativa y/o cuantitativa de la ingestión probable de agentes biológicos, químicos y físicos a través de los alimentos así como de las exposiciones que derivan de otras fuentes. El resultado de la evaluación de la exposición se compara con la IDA o la TDI a fin de determinar si las exposiciones estimadas a las sustancias químicas en los alimentos se encuentran dentro de límites inocuos. (FAO, 2007)

2.7.2 Gestión del riesgo.

Es el proceso, diferente de la evaluación de riesgos, de analizar la alternativa de políticas en consulta con todas las partes interesadas, considerando la evaluación de riesgos y otros datos relevantes para la protección de la salud de los consumidores y para la promoción de prácticas de comercio legítimo y, de ser necesario, seleccionando las opciones de prevención y control que correspondan.

2.7.3 Comunicación del riesgo

Intercambio interactivo de información y opiniones durante todo el proceso de análisis riesgos con respecto a factores relacionados con los riesgos y percepciones de riesgos entre evaluadores, administradores de riesgos, consumidores, industria, comunidad académica y otras partes interesadas. (FAO, 2007) (Dorne, Bordajandi, Amzal, & Ferrari, 2009)



2.7.4. Caracterización de riesgo

El peróxido de hidrogeno está considerado como una sustancia no cancerígena por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 1999), por lo que a efectos de caracterización del riesgo se consideran sus efectos no cancerígenos de la ingesta diaria estimada (IDE) con la ingesta diaria tolerable (TDI). El comité científico de salud pública de España ha establecido un nivel sin efecto adverso observable (NOAEL) para el peróxido de hidrogeno de 26 mg O₂/Kg pc/ día, aunque no se asocia ninguna TDI. (Agencia Española de Seguridad Alimentaria, 2012)

Reconociendo que cuando no hay una TDI establecida, se puede calcular este valor que resulta del cociente entre el NOAEL y el Margen de Seguridad (MOS). En general un MOS de 100 es considerado como un nivel seguro de exposición. Pero también destaca que en el caso de los peróxidos sería recomendable un MOS de 1000 teniendo en cuenta la limitada información toxicológica disponible para estos compuestos. Por lo tanto en este caso se debería considerar un MOS de 1000 como nivel seguro. (Agencia Española de Seguridad Alimentaria, 2012)



CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDIO:

La presente investigación se basó en un diseño analítico no experimental de corte longitudinal.

La investigación de tipo analítico no experimental es una investigación sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa y dichas relaciones se observan tal y como se han dado en su contexto natural.

Los diseños no experimentales pueden ser longitudinales, como es el caso de este estudio, ya que en ciertas ocasiones el interés del investigador es analizar cambios a través del tiempo en determinadas variables o en las relaciones entre éstas. Entonces se dispone de los diseños longitudinales, los cuales recolectan datos a través del tiempo en puntos o períodos especificados, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, Metodología de la Investigación, 2003)

3.2 VARIABLES E INDICADORES

Las variables a considerarse fueron como variable independiente la concentración de peróxidos en papas fritas. y como variable dependiente el riesgo toxicológico de la población, toma de la muestra a diferentes horas del día y lugar de expendio.

Los indicadores del estudio serán: la concentración de peróxidos a diferentes horas del día, los resultados de las encuestas aplicadas a la población, los resultados del análisis estadístico y los resultados del efecto toxicológico.



3.3 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El análisis experimental fue llevado a cabo en el Laboratorio de Alimentos y Nutrición (Proyecto de Alimentación, Nutrición y Salud VLIR-IUC & Universidad de Cuenca) en el período comprendido entre los meses de junio–septiembre del 2013.

3.3.1 Población

El estudio se realizó en la ciudad de Cuenca, seleccionando como puntos de muestreo los cuatro lugares de mayor afluencia de adolescente entre las edades de 12–26 años, como son: Colegio Las Salesianas”, Colegio Benigno Malo, Universidad Estatal de Cuenca, Universidad Católica de Cuenca.

3.3.2 Tipo de muestreo y descripción de las muestras.

Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado. Se tomaron muestras al azar en estratos definidos correspondientes a un total de 15 puntos de venta de mayor preferencia en el caso de las papas fritas no enfundadas y 15 marcas comerciales de papas fritas enfundadas más consumidas por la población de Cuenca.

Las muestras de papas fritas no enfundadas se recolectaron en dos horas diferentes del día (mañana y tarde) dando un total 30 muestras para el análisis de peróxidos.

3.3.3 Selección aleatoria de lugares de muestreo

Para definir los puntos de venta más frecuente se diseñaron y aplicaron encuestas de consumo a 100 personas entre las edades de 12 a 26 años en diferentes lugares de la Ciudad de Cuenca, las mismas que permitieron establecer los lugares de expendio más frecuentados.

Los puntos de venta referidos en la encuesta dentro del 80 % de preferencia fueron escogidos como principales. VER TABLAS 4,5.



3.3.4 Tamaño de muestras tomadas

Según (FAO, 2013) el diseño de protocolo de muestreo nos dice que la muestra debe ser representativa para esto se tomó 5 muestras primarias tanto de las papas fritas enfundadas y no enfundadas (mañana y tarde), La cantidad de cada muestra primaria fue el equivalente a 250-500 gramos, sin contar con el envase.

3.3.5 Preparación de las muestras analíticas

Las muestras primarias fueron homogeneizadas apropiadamente y se redujo el tamaño de partícula por trituración utilizando un procesador de alimentos (Kitchen aid). Finalmente se obtuvo un material homogéneo de donde se tomó las muestras analíticas (5 g) por duplicado para realizar los análisis de forma inmediata.

3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS, MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.4.1 Aplicación de encuestas

La muestra fue obtenida utilizando el programa calculo med. Unne con un universo de 61000 adolescentes de la Ciudad de Cuenca, esta información se obtuvo de la base de datos de INEC.

Para el cálculo se utilizó el 8% como porcentaje de error, un 90 % de nivel de confianza, lo que significa que la muestra fue de 100 adolescentes. (n= 100 adolescentes). (Concejo cantonal de la niñez y adolescencia, 2013)

Se seleccionó en forma aleatoria segmentos de la población de la ciudad de Cuenca, comprendidos entre las edades de 12 a 26 años en los cuales se aplicaron 100 encuestas por producto (papas no enfundadas y enfundadas), para obtener datos importantes para el estudio. VER ANEXO 1



Se aplicaron dos encuestas de consumo: recordatorio de 24 horas (24HR) y cuestionario de frecuencia de consumo (FFQ); además se solicitó a los encuestados datos personales como edad, sexo, talla, peso. VER ANEXO 2, ANEXO 3

La encuesta de recordatorio de 24 horas tiene como objetivo recolectar información lo más detallada posible respecto a los alimentos consumidos el día anterior (tipo, cantidad, modo de preparación). Esta encuesta se realizó un día entre semana y la otra en un fin de semana ya que la dieta puede ser diferente; y, para complementar la información se debe formular una pregunta en la que se pueda conocer si la alimentación del día anterior fue como la de cualquier día o fue un día festivo o fue una dieta especial por enfermedad.

Esta técnica permite obtener estimaciones de la ingesta media de grupos de individuos. VER ANEXO 2

La encuesta de frecuencia de consumo (FFQ), tiene como objetivo evaluar el consumo habitual de estos alimentos en diferentes momentos de tiempo (por día, semana, mes o año). En esta encuesta deben registrarse también las cantidades aproximadas en las que se consumen de papas enfundadas y no enfundadas. VER ANEXO 3

3.4.2 METODO PARA LA EXTRACCION DE LIPIDOS

3.4.2.1 FUNDAMENTO (Wiley & CokGaA, 2004)

El método se basa en la homogeneización de alimentos húmedos con metanol y hexano en proporciones tales que forman una fase sencilla miscible con el agua en los alimentos, que al adicionar posteriormente hexano y sulfato de sodio se separan dos fases con los materiales lípidos en la capa de cloroformo y la capa metanólica que contiene todos los no lípidos.



3.4.2.2 Materiales y equipos

- Vasos de precipitación
- Pipetas 1, 5 y 10ml
- Papel Filtro
- Embudo
- Tubos plásticos
- Centrífuga
- Procesador de alimentos (Kitchen aid).
- Rotavapor (Heidolph Laborota)
- Homogeneizador Vortex (Velp Scientific)
- Centrifuga (Hettich Eba 20)
- Balanza electrónica (Ohaus Scout- Pro)

3.4.2.3 Reactivos

- Hexano
- MgSO₄
- Mezcla Hexano:metanol 2:1
- Solución de NaCl al 8%

3.4.2.4 Procedimiento

- Triturar la muestra de papas fritas utilizando un procesador de alimentos (Kitchen aid).



Figura 7 Trituración de muestras

- Pesar 5 g de muestra (correctamente homogenizada) de papas fritas en un vaso de precipitación.

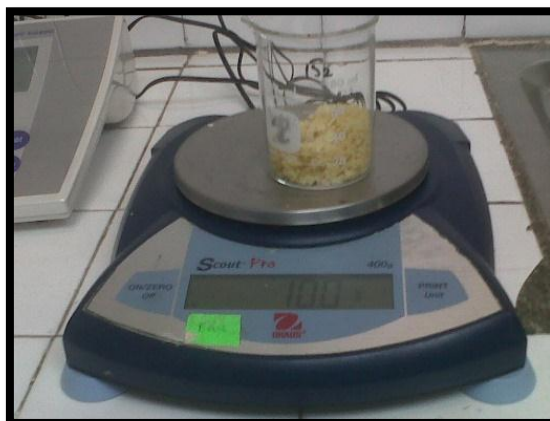


Figura 8 Pesar la muestra

- Añadir 25 ml de hexano/ metanol 2:1.
- Homogenizar en un Vortex por 40 segundos



Figura 9. Homogenizar la muestra

- Filtrar y obtener un residuo.



Figura 10. Obtención del filtrado

- Añadir 15 ml de hexano / metanol 2:1 y 10 ml de hexano, filtrar.
- Añadir 5ml de la solución de NaCl al 8%, mezclar y filtrar
- Recoger los filtrados en tubos plásticos debidamente etiquetados.
- Centrifugar por 20 minutos a 50 rpm



Figura 11 Centrifugar las muestras

- Remover la fase superior del sobrenadante (hexano)

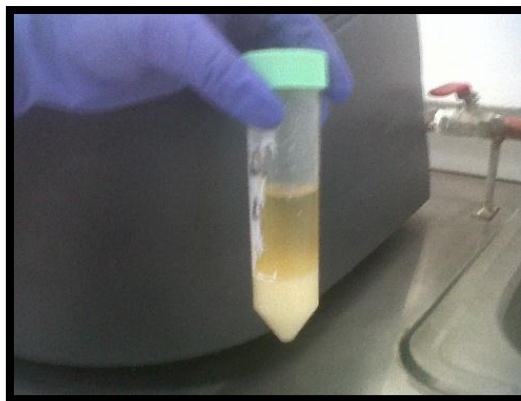


Figura 12. Muestra grasa (fase inferior) y fase de hexano (fase superior)

- Añadir 25 g de $MgSO_4$, mezclar y filtrar.
- Evaporar el disolvente con el rotavapor (a 50 °C). durante 30 minutos.



Figura 13 Rotavapor



Figura 14 Muestra de grasa



3.4.2.5 Notas sobre la extracción de grasa

- La mínima cantidad de muestra de papas fritas es 5 gramos, ya que la cantidad reducida de grasa que se obtiene luego de la extracción.

3.4.3 MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE PEROXIDOS (Método colorimétrico)

3.4.3.1 Fundamento (Kirk, Sawyer, & Egan, 1996)

Se basa en la capacidad de los peróxidos de oxidar los iones ferrosos (Fe II) a férricos (Fe III). Su cuantificación se realiza por el enrojecimiento de la solución debido a la formación de un complejo entre el tiocianato y Fe III.

3.4.3.2 Materiales y equipos

- Tubo de ensayo
- Matraz 100 ml
- Pipetas 1- 5 - 10 ml
- Balanza (Ohaus Scout – Pro)
- Espectrofotómetro (Thermo Scientific)

3.4.3.3 Reactivos

- Tiocianato de amonio
- Cloruro ferroso
- Ácido clorhídrico
- Cloruro férrico. 6 moléculas de agua

- Mezcla diclorometano:metanol 70:30

3.4.3.4 Procedimientos

- Pesar de 1 mg a 0.3 g (W) de muestra de grasa en un tubo de ensayo
- Añadir diclorometano: metanol 70:30 hasta un volumen de 9.9 ml y mezclar para disolver la muestra
- Adicionar 0.05 ml de solución de tiocianato de amonio (30 m/v) y mezclar

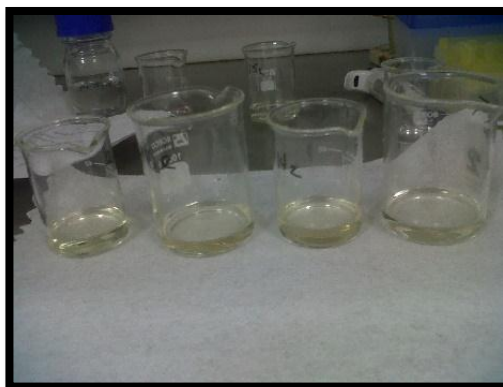


Figura 15 Muestra de grasa adicionado tiocianato de amonio

- Medir la absorbancia a 500nm (Eo) contra un blanco de la mezcla de diclorometano: metanol 70:30.



Figura 16. Espectrofotómetro 500 nm

- Adicionar 0.05 ml de solución de cloruro ferroso (0.35% m/v que contiene 2% de Ácido Clorhídrico 10 N)

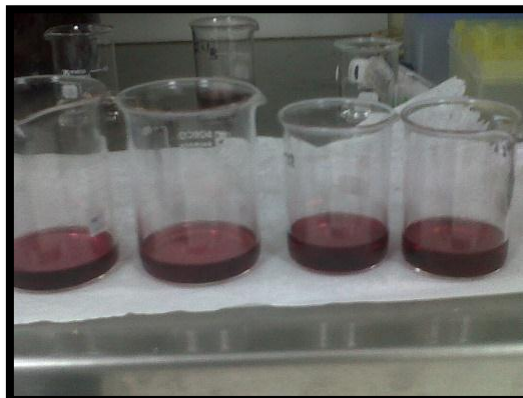


Figura 17. Coloración rojiza de la muestra por el cloruro ferroso

- Mezclar después de exactamente 5 min se mide absorbancia de nuevo a 500 nm (E2) simultáneamente se efectúa una determinación en un blanco de reactivos (E1)

Para preparar una curva de calibración de absorbancia contra concentración de hierro en μg usando una solución patrón de cloruro férrico que contiene 20 ppm de Fe

3.4.3.5 Procedimiento preparación de reactivos.

- Pesar 0.484 g de cloruro férrico con 6 moléculas de agua en un matraz
- Aforar a 100 ml con una mezcla de diclorometano: metanol 70:30
- Tomar 2ml y aforar a 100ml con la mezcla de diclorometano: metanol 70:30.
- Utilizar de 0.25–2 ml de patrón y de 9.65–7.9 ml de la mezcla de diclorometano: metanol 70:30, lo cual da como resultado una concentración de 5–40 μg de Fe.



- Adicionar 0.05 ml de tiocianato de amonio y 0,05 ml de ácido clorhídrico 0.2 N
- Medir la absorbancia a 500 nm frente a un blanco de reactivos.

3.4.3.6 Fórmula

Para los cálculos se utiliza la siguiente fórmula:

Si m es el número de μg de Fe y este viene dado por $E_2 - (E_0 + E_1)$

Índice de peróxidos = $m / 55.84 \times W = \text{mEq} / \text{Kg}$

3.4.3.7 Expresión de resultados

Expresar el contenido de peróxidos en mEq O₂ / Kg de grasa o en mg O₂/kg alimento.

3.4.3.8 Notas sobre la determinación de peróxidos

- El diclorometano es un toxico corrosivo, se debe tener todas las precauciones de seguridad al momento de manipular la muestra.
- El análisis de peróxidos se debe realizar bajo la campana de extracción debido a dicha toxicidad.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo de las variables obtenidas en la encuesta, en el cual se determinó la media y la desviación estándar. La correlación las variables se aplicó la prueba de Chi-cuadrado (X^2) con un nivel de significancia del 5% ($p > 0.05$).

Para comparar las medias de consumo de alimentos frente a la concentración de peróxidos se aplicó la prueba t-student. Se consideran significativos los



valores de p menores o iguales a 0.05 con respecto a la hipótesis alternativa.

3.5.1 Estimación de la ingesta habitual

Para estimar la ingesta promedio habitual de los individuos encuestados se utilizó el programa MSM (Multiple source Method). La importancia de este método calcula en primer lugar la ingesta diaria de los individuos, y después construye la distribución de la población, basándose en los valores individuales, y teniendo en cuenta la variabilidad intra e interindividual. Utiliza datos como los registros de alimentos, y frecuencia de consumo.

El método se caracteriza por una técnica de dos partes que se aplica a los modelos de regresión, una para los datos de ingesta diaria positivos y otra para el caso de consumo. El método es aplicable a los nutrientes y la ingesta de alimentos, incluidos los alimentos que se consumen de forma esporádica.

La variación en la ingesta se ve reflejada en las variables socio-demográficas seleccionadas más no por el método. Este método es adecuado para estimar la ingesta habitual individual en el caso de que existan muchas mediciones repetidas en un largo período de tiempo. (MSM, 2011) VER ANEXO 8,9

Los datos de ingesta (del MSM) fueron expresados en kilogramos consumidos por peso corporal por día (Kg alimento/Kg peso corporal/día) en base a los datos recogidos de los pesos de los participantes, para esto se contó con una base de datos, es decir el cálculo no se realizó con un peso promedio sino con cada uno de los pesos informados VER ANEXO 9, 10

3.6 EVALUACION DEL RIESGO

La evaluación del riesgo de exposición a peróxidos presentes en papas fritas se realizó utilizando la simulación de Montecarlo con los datos de consumo, y la concentración de peróxidos (Figura 18).



3.6.1 Simulación de Montecarlo

La simulación de Montecarlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificadas dichas variables aleatorias se lleva a cabo un experimento que consiste generar, con ayuda del ordenador, muestras aleatorias para dichas variables, y luego analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir n veces este experimento, dispondremos de n observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual nos será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo. Obviamente, nuestro análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número n de experimentos que llevemos a cabo. (Faulín, 2011)

La evaluación de riesgo de exposición a peróxidos (mg/kg peso corporal/día) fue modelada en base a multiplicación de los datos de consumo de papas fritas (enfundadas y no enfundadas) (Kg alimento/Kg peso corporal/día) con los datos de contaminación (mg O_2 /kg alimento), mediante una simulación de Montecarlo de primer orden. La simulación fue aplicada con 5000 interacciones para considerar la variabilidad e incertidumbre.

Para los datos de contaminación se eligió el escenario menor sugerido para la evaluación de riesgos de exposición de ingesta de sustancias químicas, es decir, asumir que el límite de detección (LOD) es igual "0".

Se identificaron los modelos de distribución que más se ajustaron a los datos de ingesta y a los datos de concentración de peróxidos (menor valor de χ^2).
VEX ANEXOS 9, 10, 11,12

Para la caracterización del riesgo, se comparó el valor obtenido para el nivel de exposición (mg/kg peso corporal/día) con valores de referencia normativos establecidos específicos NOAEL, TDI y Cociente de peligro (HQ) (Dorne, Bordajandi, Amzal, & Ferrari, 2009 FAO, WHO, & IPCS., 2009).

Los datos de ingesta y de concentración de peróxidos (chips vs no enfundadas) fueron analizados en el software @Risk (@RISK 4.5.5 professional edition, Palisade, UK).



Figura 18. Adaptación de la representación esquemática de la evaluación de riesgo (Dorne, Bordajandi, Amzal, & Ferrari, 2009)

3.7 Cociente de peligrosidad:

Es la relación entre la dosis suministrada y la Ingesta Diaria Tolerable (TDI). Valores muy cercanos o por encima de la unidad (1) indican valores inaceptables de riesgo asociado a la exposición. (Zuk & Ize, 2010)

$$\text{Cociente de peligro (HQ)} = \text{Dosis de exposición} / \text{TDI}$$



3.8 Cálculo de la dosis de ingesta tolerable (TDI).

Según la (Agencia Española de Seguridad Alimentaria, 2012), no hay un TDI establecido para peróxidos. Sin embargo, el TDI se puede establecer entre la relación del NOAEL de peróxidos determinado en animales (26 mg/kg p.c/ día) con el MOS que permite la extrapolación a los seres humanos. En general un MOS de 100 es considerado como un nivel seguro de exposición. Por lo tanto, el valor del TDI utilizado para la caracterización de riesgo de exposición a peróxidos mediante el consumo de papas fritas fue de 0.26 mg O₂/ Kg pc/día



CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL MUESTREO PARA EL ANÁLISIS

Para el muestreo se seleccionó 15 lugares de mayor expendio de papas fritas no enfundadas y 15 marcas comerciales de las papas fritas enfundadas (chips) VER ANEXO 4

Por medio de encuestas de consumo realizadas a 100 personas se pudo determinar los 15 lugares de mayor consumo de papas fritas no enfundadas en la Ciudad de Cuenca en adolescentes entre las edades de 12 a 26 años.

Tabla 4. Puntos de venta en la ciudad de Cuenca seleccionados en base a las encuestas de consumo

	Lugar de consumo	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
1	Totoracocha	20	16.6
2	Av. 12 abril y solano	8	6.6
3	Av. de la Américas y Humboldt	6	5.0
4	U cuenca	6	5.0
5	Coral centro	4	3.3
6	Milenium plaza KFC	4	3.3
7	Av. de las Américas feria libre	3	2.5
8	Monay Shopping KFC	3	2.5
9	Av. 12 abril y Loja	2	1.6
10	Coliseo esq.	2	1.6
11	Gran Colombia y Vega Muñoz	2	1.6
12	Miraflores KFC	2	1.6
13	Remigio Crespo El Pollo	2	1.6
14	Terminal Terrestre	2	1.6
15	Autopista gasolinera	1	0.8

Autora (Bqf. María José Vélez)

De manera similar, por medio de encuestas de consumo realizadas a 100 personas se pudo determinar solamente 7 marcas comerciales de papas fritas enfundadas, por lo que surgió la necesidad de incorporar en esta lista otras marcas comerciales que se expenden en la ciudad de Cuenca.



Tabla 5. Marcas comerciales de papas fritas enfundadas (chips) en base a las encuestas de consumo

	Marca	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
1	Artesanas	3	6.8
2	Frituritas	5	11.3
3	Lays	6	13.6
4	Mili	1	2.2
5	Patatas	14	31.8
6	Ruffles	11	25.0
7	Snakies	4	9.1
8	Fritas *	-	-
9	Rizadas *	-	-
10	Pringles *	-	-
11	Pepis fritura *	-	-
12	Fritas azuayas *	-	-
13	Albricias Azuayas *	-	-
14	Patatas lies *	-	-
15	Lays artesanales *	-	-

Autora (Bqf. María José Vélez)

* Marcas de papas fritas no reportadas en las encuestas.

4.2 CONSUMO PROMEDIO DE PAPAS FRITAS ENFUNDADAS Y NO ENFUNDADAS.

La información sobre el consumo de estos productos en base a los recordatorios de 24 horas (24HR) aplicados a una población seleccionada aleatoriamente en la ciudad de Cuenca. Esta población estuvo conformada por 100 personas, 32 hombres y 68 mujeres comprendidas entre las edades de 12–26 años. En cuanto a la edad, la distribución de la población entre hombres (18.1 años \pm 3.3) y mujeres (17.9 años \pm 2.8) fue homogénea ($P=0.587$). Por otro lado, la talla promedio de las mujeres (1.54 metros \pm 0.13) fue significativamente menor que para los varones (1.7 metros \pm 0.06) ($P<0.001$). De la misma manera, el peso promedio de las mujeres (118.0 libras \pm 18.6) fue menor que para los varones (150.4 libras \pm 16.8 ($P<0.001$)) (Tabla 6).

Tabla 6. Características de la población por edad, peso y talla

	VARONES n=32	MUJERES n=68	Valor p
	M±DS	M±DS	
EDAD (Años)	17.9±2.8	18.1± 3.3	0.587
TALLA (Metros)	1.7±0.06	1.5± 0.13	< 0.001
PESO (Libras)	150.4±16.8	118.0± 18.6	< 0.001

Autora (Bqf. María José Vélez)

M: Media

DS: Desviación Estándar

Según los resultados obtenidos por el 24HR, las papas no enfundadas fueron consumidas por un mayor número de individuos (n=40) con respecto al consumo de chips (n=23). En cuanto al consumo promedio en gramos, éste también fue significativamente mayor con respecto a las papas no enfundadas (270,5 ± 108 g vs.154.8 ± 78.6 g, respectivamente) ($P < 0.001$). Debido a esta diferencia en el consumo, la evaluación del riesgo se realizó por separado para cada tipo de producto (Tabla 6).

Tabla 7. Consumo diario 24 HR (papas fritas no enfundadas- enfundadas chips)

Tipo de papas fritas	N	M (g) ± DS	Mínimo (g)	Máximo (g)
No enfundadas	40	270.5±108.0	246.2	294.6
Chips	23	154.8±78.6	131.4	178.1
P < 0.001				

Autora (Bqf. María José Vélez)

Además se analizó si el consumo difirió entre varones y mujeres. Como resultado, no se encontró una diferencia significativa en el consumo de papas no enfundadas entre mujeres (259.4 g ± 97.4) y hombres (288.5 g ± 123.0) ($P = 0.247$). De manera similar, no se observó una diferencia significativa en el consumo de chips entre mujeres (141.4 g ± 54.5) y hombres (188.6 g ± 116.4) ($P = 0.066$).



La encuesta de frecuencia de consumo (FFQ) fue utilizada para identificar a los consumidores habituales de aquellos que no son consumidores. Se ha reportado que la FFQ tiende a subestimar la ingesta de grasas (saturadas y monosaturadas) y proteínas, y por otro lado tiende a sobreestimar la ingesta de carbohidratos con una dieta rica en grasa (Schaefer, y otros, 2000).

Tabla 8. Porcentaje de consumidores habituales de papas fritas no enfundadas y chips

TIPO DE PAPAS FRITAS	PORCENTAJE DE CONSUMIDORES HABITUALES
NO ENFUNDADAS	82%
CHIPS	42%

Autora (Bqf. María José Vélez)

En el presente estudio, luego de analizar las 100 encuestas realizadas se encontró que 82 % de la población fueron consumidores habituales de papas fritas no enfundadas y 42% de la población fueron consumidores habituales de chips. (TABLA 8)

Además se estimó la ingesta en gramos de los datos recogidos con el fin de compararlos con los resultados de ingesta según el 24HR (Tabla 9). Como resultado, la subestimación del consumo de ambos tipos de papas fritas fue considerable, con un promedio de 70% de subestimación.

Tabla 9. Promedio de frecuencia de consumo (FFQ) – tipo de papas fritas

Tipo de papas fritas	N	M (g) ± DS	Mínimo (g)	Máximo (g)
No enfundadas	40	88.6±48.5	74.1	103.2
Chips	23	40.9±33.2	27.7	54.0
P= 0.794				

Autora (Bqf. María José Vélez)

4.3 ANÁLISIS DE PERÓXIDOS

Los productos escogidos para esta investigación fueron las papas fritas no enfundadas y enfundadas (chips). Las muestras de papas fritas fueron recolectadas en forma aleatoria estratificada en lugares de mayor consumo entre los adolescentes de la ciudad de Cuenca. Se analizaron 15 muestras de la mañana y 15 muestras en la tarde de papas no enfundadas y 15 muestras para las papas enfundadas de diversas marcas comerciales. Cada determinación se realizó por duplicado dando un total de 90 análisis.

Se determinó la concentración de peróxidos en la grasa extraída de las papas fritas no enfundadas y enfundadas. La determinación de peróxidos se realizó mediante el método colorimétrico descrito por (Kirk, Sawyer, & Egan, 1996).

4.3.1 Análisis de peróxidos en chips

La concentración promedio de peróxidos en grasas extraídas de papas fritas enfundadas (chips) se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados de la concentración promedio de peróxidos en grasas extraídas en papas enfundadas Ver anexo 6

Marca	Concentración de peróxidos mEq O ₂ /Kg
Lays	37.6
Artesanales	36.0
Ruffles	38.2
Rizadas	33.1
Milis	29.9
Patatas	50.5
Fritas	83.9
Frituritas	51.4
Pepis frituras	52.0
Fritos azuayos	33.6
Albricias azuayas	62.4
Snakies	40.13
Pringles	63.42
Rizadas	41.41
Patatas lies	61.39

Autora (Bqf. María José Vélez)



El valor de referencia según la norma establecida en el Codex Alimentarius para peróxidos en aceites/grasas es 15 mEq O₂/Kg. Se observó que en el 100% de las muestras analizadas, el promedio de la concentración de peróxidos estuvo muy por arriba del máximo permitido, lo que puede deberse a las altas temperaturas y el tiempo de exposición del alimento (papas fritas) en el aceite de fritura ya que el contacto con este contribuyen al aumento en la concentración de compuestos de oxidación lipídica, especialmente peróxidos.

4.3.2 Análisis de peróxidos en papas no enfundadas

La concentración de peróxidos en grasas extraídas de papas fritas no enfundadas de las muestras de la mañana y de la tarde se presenta en la tabla 11. Ver anexo 5.

Tabla 11. Resultados de la concentración promedio de peróxidos en grasas extraídas de papas no enfundadas (mañana y tarde)

N.	Lugares de mayor expendio	Concentración de peróxidos mEq O ₂ /Kg	
		Mañana	Tarde
1	Remigio Crespo	38,2	43.1
2	Terminal terrestre	51,9	65.0
3	KFC Milenio Plaza	89,7	94.2
4	Av.12 abril y Loja	34,8	32.3
5	Av. De las Américas Feria Libre	56,3	62.8
6	Coliseo Esq.	73,2	87.2
7	Av. De las Américas y Humboldt	61,2	56.7
8	Universidad cuenca	75,0	94.0
9	Gran Colombia y vega muñoz	71,3	77.4
10	Av. 12 de abril y solano	84,3	91.3
11	Coral centro	67,7	94.6
12	Totoracocha	82,9	89.4
13	Miraflores	43,2	49.8
14	Autopista gasolinera	63,8	71.3
15	KFC monay shopping	60,5	77.7

Autora (Bqf. María José Vélez)



Al igual que para los chips, las concentraciones de peróxidos para las papas no enfundadas tanto de la mañana como de la tarde superaron el valor máximo permitido establecido por Codex Alimentarius (15 mEq O₂/ Kg).

Por otro lado, la concentración promedio de peróxidos de la tarde fue mayor al de la mañana (72.4 ± 20.2 mEqO₂/Kg vs 63.5 ± 16.6 mEqO₂/Kg respectivamente). Esta diferencia, que representa un 14%, podría deberse a que el aceite estuvo sometido a un prolongado proceso de fritura. El alimento absorbe compuestos de oxidación presentes en el aceite, que en el proceso de calentamiento por tiempos prolongados forman compuestos químicos tóxicos. (Revol, 2002) Los cambios dependen, de la calidad del aceite utilizado, de la temperatura del proceso, así como el tiempo de permanencia del producto en el aceite caliente. (Bravo & Perduca, 2012). Sin embargo, es importante considerar que la diferencia entre la concentración de peróxidos de la mañana y de tarde no fue estadísticamente significativa (t-test pareado, $P= 0.2002$). Por lo tanto, dicho incremento en la concentración de peróxidos por la exposición al proceso de fritura podría ser especulativo pues las muestras fueron recolectadas en lugares de expendio público y en este estudio no se registró si los lotes de papas de donde se obtuvieron las muestras permanecieron todo el día bajo las condiciones de fritura hasta la recolección de muestras en la tarde, ya que el expendedor pudo cambiar el aceite durante esta recolección.

4.3.3 Comparación de la concentración de peróxidos entre papas no enfundadas y chips

Las concentraciones promedios de peróxidos de papas no enfundadas y chips se presentan en la tabla 12. Las papas no enfundadas presentaron una concentración de peróxidos significativamente mayor con respecto a las papas fritas enfundadas (68.0 ± 18.7 mEq O₂/Kg; 47.6 ± 15.0 mEq O₂/Kg respectivamente) ($P < 0.001$). Este resultado podría deberse a la diferencia en la preparación y cocción. Además, las papas no enfundadas no existe un control del tiempo de la fritura, pudiendo permanecer tiempos bastante prolongados en el aceite que se usa en por días e incluso por semanas y así



facilita con incorporación del O₂ causante de la oxidación lipídica (Silva & Guayta, 2008)

En este estudio se comprobó que existe una ingesta de papas fritas (enfundadas y no enfundadas) de adolescentes en gran cantidad por lo que existe un riesgo eminente a causar enfermedades por radicales libres relacionados con los peróxidos.

Tabla 12. Concentración peróxidos de las papas no enfundadas y enfundadas (chips)

Grupo	N. análisis	M mEqO ₂ /Kg ±DS
No enfundadas	30	68.0±18.7
Chips	15	47.6±15.0
Total	45	61.2±19.9

P<0.001

Autora (Bqf. María José Vélez)

Varios estudios relacionados con oxidación lípidos y formación de compuestos tóxicos (Bravo & Perduca, 2012), (Frankel, Neff, & William, 1983), (Silva & Guayta, 2008) han demostrado que la incidencia de sustancias reactivas de oxígeno sobre los valores referenciales es muy alta en alimentos sometidos a un proceso de fritura.

4.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN A PERÓXIDOS

Para la evaluación del riesgo toxicológico se realizó un análisis probabilístico de la exposición a peróxidos mediante el consumo de papas fritas no enfundadas y enfundadas en base a la información de 100 individuos encuestados. VER ANEXOS 7, 8

Para esto se estimó la ingesta habitual de papas fritas en base a 2 días de registro de consumo mediante el software MSM® (Multiple Source Method), dando como resultado una ingesta promedio de 106.3 g/día ± 39.7 de papas no enfundadas y 33.7 g/día ± 13.7.



Tabla 13. ESTIMACIÓN DE INGESTA g/ DÍA DE CONSUMIDORES HABITUALES Y NO HABITUALES DE LAS PAPAS FRITAS NO ENFUNDAS Y ENFUNDAS (CHIPS)

	n	M (g/día) ±DS	M (g/día) ± DS
Consumo 24hr	100	270,1 ± 92	156,3 ± 79,8
Consumo habitual 24hr	100	270,4 ± 34,6	155,7 ± 63,7
Consumo total 24hr	100	106,8 ± 107,7	35,6 ± 48,5
Consumo habitual total 24 HR	100	106,3 ± 39,7	33,7 ± 13,7

Autora (Bqf. María José Vélez)

4.4.1 Análisis probabilístico

Para el análisis probabilístico se realizó mediante simulaciones de Montecarlo para la que se utilizaron las distribuciones de los datos del consumo de alimentos y datos concentración de peróxidos que se ajustaron con un menor valor del estimador de Chi². VER ANEXOS 9-12.



Tabla 14. Distribución probabilística de la concentración de peróxidos en papas fritas no enfundadas y enfundadas, expresado en mg peróxido/ Kg alimento.

	M ± DS	Min – Max	Ecuación
No enfundadas	49.1± 16.4	13.4-151.4	RiskExtvalue(41.675;12.822)
Enfundadas (chips)	193.3± 54.8	115.7-346.5	RiskTriang(115.73;115.73;348.46)

Autora (Bqf. María José Vélez)

Tabla 15. Distribución probabilística del consumo de papas fritas no enfundadas y enfundadas, expresado en Kg alimento consumido/ Kg peso corporal/ día).

	M ± DS	Min – Max	Ecuación
No enfundadas	0.000847± 0.00033	0.00025-0.0024	RiskWeibull(1.8387;0.00066435;RiskShift(0.00025693))
Enfundadas (chips)	0.000269± 0.00012	0.00004652-0.001157	RiskLognorm(0.00027699;0.00012271;RiskShift(-0.0000078276))

Autora (Bqf. María José Vélez)

Tabla 16. Resultados de la evaluación de riesgo de exposición diaria a peróxidos por la ingesta de papas fritas mediante la simulación de Monte Carlo, expresado en mg O₂ / Kg peso corporal/ día

	M ± DS	Min – Max	Percentil 5 (P5)	Percentil 50 (P50)	Percentil 95 (P95)
No enfundadas	0.0416 ± 0.0222	0.0059 – 0.0183	0.0153	0.0366	0.0842
Enfundadas (chips)	0.0518 ± 0.0281	0.0060 – 0.3908	0.0195	0.0461	0.1055

Autora (Bqf. María José Vélez)

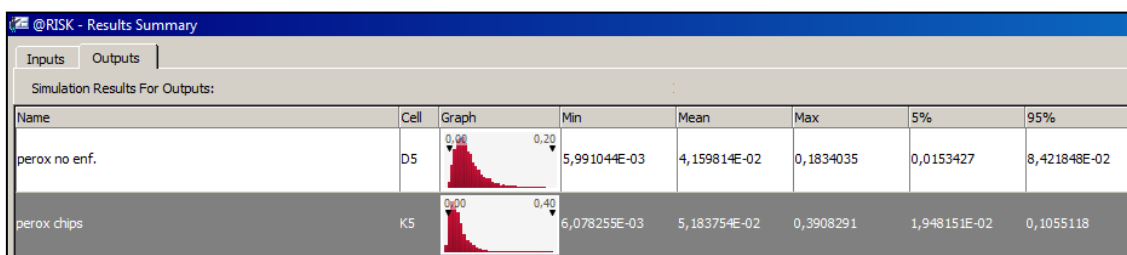


Figura 19. Representación gráfica de evaluación de riesgo de exposición diaria a peróxidos por la ingesta de papas fritas (software @t Risk)

La estimación de exposición P50 y P90 a peróxidos por medio de la ingesta de papas fritas no enfundadas fue 0.036 y 0.084 mgO₂ /Kg PC/día, respectivamente. Estos valores fueron 7 y 3 veces menor de la ingesta diaria tolerable (0.26 mg O₂/ Kg PC/día). Por otro lado, la estimación P50 y a peróxidos por medio de la ingesta de papas fritas enfundadas (chips) fue 0.0461 y 0.105 mg O₂/Kg PC/día, respectivamente, lo que resulta 6.5 y 2.5 veces menor de la ingesta diaria tolerable (0.26 mg O₂/Kg PC/día). Por lo tanto, se puede considerar que la exposición diaria a peróxidos mediante el consumo de papas fritas no enfundadas o papas fritas enfundadas no representa un riesgo para la población consumidora.

4.5 COCIENTE DE PELIGROSIDAD

Para el cálculo del cociente de peligrosidad (HQ) se tomaron los datos de exposición del P95 y P50, es decir del nivel de exposición del 95% y 50% de la población respectivamente (Tabla 17). Para ambos tipos de papas fritas estudiadas, el coeficiente de peligrosidad fue menor a 1, tanto para la exposición P50 como P95. Es así que mediante el cálculo del cociente de peligrosidad se confirma los resultados anteriores de que la exposición a peróxidos mediante el consumo de papas fritas no representa una amenaza para la salud.



Tabla 17. Cociente de peligrosidad para las diferentes tipos de papas fritas

Cociente de peligrosidad (HQ)		
	Exposición P50	Exposición P95
No enfundadas	0.140	0.323
Enfundadas (chips)	0.176	0.403

Autora (Bqf. María José Vélez)



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Con respecto a la hipótesis planteada, si bien los niveles de peróxidos en papas fritas no enfundadas y enfundadas fueron mayores los niveles admitidos según las normas vigentes, esto no representó un riesgo para la salud de la población evaluando el riesgo de exposición frente al respectivo ingesta diaria tolerable (TDI=0.26 mg O₂/Kg PC/día), el margen de seguridad para peróxidos (MOS=100), y el cociente de peligrosidad (HQ<1).

Por medio de las encuestas realizadas se determinó los lugares y las marcas comerciales de mayor consumo en adolescente entre las edades de 12 a 26 años de la ciudad de Cuenca. Además se demostró que la población consumía mayores cantidades de papas fritas no enfundadas con respecto a las enfundadas, siendo mayor entre adolescentes mujeres.

En las muestras de papas no enfundadas el promedio en la concentración es de 68.2 mEq O₂/Kg y de las papas enfundadas un promedio de 47.6 mEq O₂/Kg. Estos niveles estuvieron por encima de admitidos según las norma de Codex Alimentarius (15 mEq O₂/ Kg). Además se observó que la concentración de peróxidos de las muestras de papas fritas no enfundadas recogidas en la mañana (63.5 mEq O₂/ Kg) fue menor a la concentración de peróxidos de las muestras recogidas en la tarde (72.4 mEq O₂/kg), la diferencia entre la concentración de peróxidos de la mañana y de tarde no fue estadísticamente significativa (t-test pareado, $P= 0.2002$). Por lo tanto, dicho incremento en la concentración de peróxidos por la exposición al proceso de fritura podría ser especulativo pues las muestras se fueron recolectadas en lugares de expendio público y en este estudio no se registró si los lotes de papas de donde se obtuvieron las muestras permanecieron bajo las condiciones de fritura hasta la recolección de muestras en la tarde.



La estimación de exposición P50 y P90 a peróxidos por medio de la ingesta de papas fritas no enfundadas fue 0.036 y 0.084 mgO₂ /Kg PC/día, respectivamente. Estos valores fueron 7 y 3 veces menor de la ingesta diaria tolerable (0.26 mg O₂/ Kg PC/día). Por otro lado, la estimación P50 y a peróxidos por medio de la ingesta de papas fritas enfundadas (chips) fue 0.0461 y 0.105 mg O₂/Kg PC/día, respectivamente, lo que resulta 6.5 y 2.5 veces menor de la ingesta diaria tolerable. Por lo tanto, se puede considerar que la exposición diaria a peróxidos mediante el consumo de papas fritas no enfundadas o papas fritas enfundadas no representa un riesgo para la población consumidora.

Es así que mediante el cálculo del cociente de peligrosidad se confirma los resultados anteriores de que la exposición a peróxidos mediante el consumo de papas fritas no representa una amenaza para la salud.



5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar el estudio con un control más minucioso de los diferentes procesos de cocción tales como control de temperatura, cambio de aceite y manipulación idónea que influyen en el incremento de peróxidos que si bien son productos de oxidación primaria dan lugar a la formación de aldehídos, alcoholes, cetonas entre otros compuestos tóxicos.

Se recomienda extender el estudio a otros tipos de alimentos que son susceptibles a la oxidación lipídica, especialmente aquellos que involucran un proceso térmico.

Se recomienda educar a los adolescentes de los centros educativos a una buena alimentación, ya que estos están propensos a consumir comida chatarra (papas fritas) por su fácil acceso, ya desconocen los peligros que pueden causar.

Además se recomienda un control por parte de las autoridades que deben contar con normas regulatorias que orienten al buen manejo de este tipo de productos, en lo que respecta a límites permisibles y normas de higiene para establecer métodos adecuados y estandarizados de preparación de estas comidas rápidas y así disminuir la aparición de productos tóxicos.



REFERENCIAS

- Agencia Española de Seguridad Alimentaria. (2012). *Revista del Comité Científico de la AESAN*(15). doi:ISSN 1885 - 6586
- Aguilera, J. (1997). *Fritura de Alimentos*. Instituto Politecnico Nacional de Mexico, Mexico DF.
- ALIMENTARIUS, C. (1993). *Programa Conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comisión del CODEX ALIMENTARIUS*. Londres, Reino Unido.
- Andrade, H., Bastidas, O., & Sherwood, S. (s.f.). *La papa en el Ecuador. En Cultivo de papa en Ecuador*. INIAP - CIP, Quito.
- Badui Dergel, S. (1993). *química de los alimentos*. Mexico: Pearson Educacion.
- Badui Dergel, S. (1993). *Química de los Alimentos*. México: Pearson Educacion.
- Banco Central de Ecuador. (2002). *Estadísticas de comercio exterior. Volúmenes de importación de papa fresca y procesada* . Quito - Ecuador.
- Bravo, N., & Perduca, M. (2012). *Consumo de Alimentos Fritos por Mujeres adultas de los Frentones - Chaco y factores que influyen en el proceso de fritura*.
- CODEX ALIMENTARIUS. (1981). *Norma para Grasas y Aceites comestibles no regulados por normas Individuales*. CODEX STAN 19 - 1981.
- Cuenca, c. c. (2013). *informe de rendición de cuentas periodod Enero - Diciembre 2012 a Enero - Mayo 2013*. Cuenca.



- Devasagayam, K., & Bolor, K. (2003). *Metodos para estimar la peroxidacion lipidica*. Instituto indio de ciencia, Departamento de Bioquimica, Bangalore.
- Donoso, S. (1996). *Evaluación de deterioro químico en carnes de res y pescado congelados*. Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Mexico: Tesis de Maestria.
- Dorne, L., Bordajandi, B., Amzal, P., & Ferrari, P. (2009). *Combining analytical techniques, exposure assessment and biological effects for risk assessment of chemicals in food*. Elsevier Ltd.
- Fagali, N., & Catala, A. (2011). *Peroxidación de diferentes especies lipídicas: efecto de antioxidantes*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- FAO. (2007). *Análisis de riesgo relativo a la inocuidad de los alimentos*. OMS, ESTUDIO FAO ALIMENTOS Y NUTRICION, Roma.
- FAO. (2013). *Diseño de protocolo de muestreo* (Vol. Cap 11). deposito de documentos de la FAO.
- FAO- OMS. (19 - 25 de Octubre de 1997). Grasas y aceites en la nutrición humana. *Estudio FAO Alimentación y nutrición, 4700*.
- FAO, WHO, & IPCS. (2009). *Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food*. . Ottawa, Canada: WHO Library Cataloguing.
- Faulin, J. (2012). *Simulación de Monte Carlo*.
- Fennema, O. (1982). *Introducción a la ciencia de los alimentos*. Reverte.
- Fereidoon, S., & Ying Zhong, M. (s.f.). *Lipid Oxidation: Measurement Methods*. University of Newfoundland, Canada .



- Fisher, H. (1984). *Análisis Moderno de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Frankel, N., Neff, E., & William, E. (1983). *Oxidacion de productos lipidicos y formacion del malonaldehido*. Departamento de agricultura, EEUU.
- Gil Hernandez, A. (2010). *Tratado de Nutricion Composicion y calidad Nutritiva de los Alimentos*. Ed. Medica Panamericana. Obtenido de <http://books.google.com.ec/books?id=hcwBJ0FNvqYC&pg=PT581&lpg=PT581&dq=oxidacion+de+los+lipidos+en+alimentos&source=bl&ots=6GD>
- Hernandez, S., Fernandez, C., & Baptista, L. (2003). *Metodologia de la Investigación*. México: McGraw - Hill.
- Hernandez, S., Fernandez, C., & Baptista, L. (2003). *Metodologia de la Investigación*. Mexico: McGraw - Hill.
- Herrera, C. (2003). *Quimica de los alimentos Manual de Laboratorio*. San José Costa Rica : UCR.
- INEC. (2013). *Estadísticas territoriales y poblacionales*.
- Kirk, S., Sawyer, R., & Egan, H. (1996). *Composición y análisis de alimentos de Pearso*. Mexico: Continental S.A Segunda Edicion.
- Lawrence, J., & Marnett, H. (1998). *La peroxidacion lipidica, daño en el ADN*. Centro de investigacion del Cancer en Toxicologia Molecular. EEUU: Escuela de Medicina Nashole.
- Leccker, G., & Carrasco, A. (2000). *Proceso culinario de frituray el uso de aceitede olivaen el mismo* (Vol. cap 10.).
- MSM. (2011). *Multiple Source Method (MSM) for estimation usual dietary intake from shorterm measurment data*. USer Guide. Potsdam: EFCOVAL.



- Navarro, G., Bringas, A., & Pacheco, A. (2004). *Nuevas Herramientas para el estudio de la oxidación de los ácidos grasos, una de las causas fundamentales de la pérdida de calidad de los alimentos*. Universidad Sonora, Departamento de investigación científica y tecnológica, Mexico.
- Navas, J., Alba, T., Codony, R., & Boatella, J. (2004). *Modified ferrous oxidation- xylenol orange method to determine lipid hydroperoxides in fried snacks*. Universidad de Barcelona España, Nutrition and food Science Department, Barcelona España.
- Niedernhofer, J., Scott, D., Rouzer, C., & Lawrence, J. (2003). *Malonaldehído, un producto de la peroxidación lipídica, es mutagénico en células humanas*. Vanderbilt University School of Medicine, Departamento de Bioquímica y Química, Centro de Toxicología Molecular, Tennessee USA.
- OMS- ONU. (2007). *Análisis del riesgo relativo a la inocuidad de los alimentos*. FAO - OMS, Roma. doi:ISBN 978 - 92 - 5 - 305604
- Ramirez, R. (2009). *Oxidación de los lípidos*. Universidad nacional UNAD, Colombia. Recuperado el Enero de 2014, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301203/301203/leccin_41_oxidacin_de_lpidos.html
- Revol, J. (2002). *Índice del ácido tiobarbitúrico, Antecedentes bibliográficos*. Obtenido de <http://es.scrib.com/doc/25509287/31/II-6-6-4-indice-del-acido-tiobarbiturico-ATB>
- Rodriguez, J., Menendez, R., & Trujillo, Y. (2001). Radicales libres en la biomedicina - Estrés Oxidativo. (R. C. Med, Ed.) *Revista Cubana de Medicina Militar*, 30(1).
- Rojano, B. (1997). *Oxidación de los lípidos y antioxidantes*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Obtenido de



http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301203/301203/leccin_41_oxidacin_de_lpidos.html

- Schaefer, E., Augustin, J., Schaefer, M., Rasmussen, H., Ordovas, J., & Dallal, G. (2000). *Lack of efficacy of a food-frequency questionnaire in assessing dietary macronutrient intakes in subjects consuming diets of known composition*. USA: American Society for Clinical Nutrition.
- Silva, M., & Guayta, J. (2008). *Evaluacion de la calidad quimica de los aceites reutilizados en la fritura de papas y salchichas en los restaurantes del canton Ambato*. Universidad Tecnica de Ambato, Ecuador. Recuperado el Septiembre de 2013, de <http://fcial.uta.edu.ec/archivos/aceites.pdf>
- Tama, F., Sanchez, V., & Montaña, M. (2002). *Valor nutritivo y efectos metabolicos de la reutilizacion de aceites comestibles calentados y oxidados*. Revista medica Volumen 8 N.- 2.
- Valenzuela, A., Sanhueza, J., Nieto, S., Petersen, G., & Tavella, M. (2003). *Estudio comparativo en fritura de la estabilidad de diferentes aceites vegetales* (Vol. XIII).
- Villares, E., Coba, V., Monteros, C., & Lucero, O. (s.f.). *Influencia de la materia prima y del proceso sobre la calidad y la vida util de la papa prefrita, precocida y frita en bastones*. Ecuador. Obtenido de http://www.quito.cipotato.org/4_Nac_papa/Memorias/e_villacres_memoria.pdf
- Wiley, V., & CokGaA, W. (2004). *Determination of lipid hydroperoxides in fried snack*. Eur. Lipid SCI Technol 106.
- Zuk, M., & Ize, I. (2010). *Caracterizacion del riesgo al evaluar un riesgo para la salud humana*.



Zumbado, H. (2002). *Análisis químico de los alimentos- Metodos Clasico*.
Universidad de la Habana, Instituto de Farmacia y Alimentos, Habana -
Cuba.



ANEXOS

ANEXO 1

ENCUESTA DE CONSUMO DIARIO DE LAS DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS FRITAS.

Encuesta dirigida a adolescentes entre las edades de 12 a 26 años para analizar el consumo de dichos productos, Al conocer que las diferentes variedades de papas fritas (enfundadas y no enfundadas) al ser sometidas a altas temperaturas en abundante aceite, son susceptibles a oxidación lipídica produciendo productos tóxicos como los peróxidos.

1.- Número de registro (ID)

2.- Dirección.....

3.- Fecha de Entrevista (dd/mm/aa) __/__/__

4.- Teléfono:

5.- Sexo: M ___ F___

6.- Talla:_____ (metros)

7.- Peso: _____(especificar kg o libras)

8.- Edad:.....

9.- N.- De Encuesta 1° 2°

10.- Señale el día: Ayer fue:

1. Lunes 2. Martes 3. Miércoles 4. Jueves 5. Viernes 6. Sábado 7. Domingo

11.- Señale, el tipo de alimentación de ayer fue:

1. Como cualquier día 2. Día Festivo 3. Enfermedad

12.- Ud. Consume papas fritas no enfundadas SI NO

13.-Ud. Consume papas fritas enfundadas SI NO

ANEXO 4

LUGARES DE MAYOR CONSUMO DE PAPAS NO ENFUNDADAS

Lugar de consumo	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
	120	100.00
Totoracocha	20	16.67
Av. 12 abril y solano	8	6.67
Av. de la Américas y Humboldt	6	5.00
U cuenca	6	5.00
Coral centro	4	3.33
Milenium plaza KFC	4	3.33
Av. de las Américas feria libre	3	2.50
Monay Shopping KFC	3	2.50
12 octubre retroburger	2	1.67
Aki	2	1.67
Av. 12 abril y Loja	2	1.67
Calle vieja politécnica	2	1.67
Cdla Álvarez	2	1.67
Coliseo esq.	2	1.67
Don Bosco	2	1.67
Frente a la UDA	2	1.67
Gran Colombia y Vega Muñoz	2	1.67
Loja y Pichincha	2	1.67
Mercado 12 de abril	2	1.67
Miraflores KFC	2	1.67
Ordoñez Lazo Gasolinera	2	1.67
Parque Monay	2	1.67
Remigio Crespo El Pollo	2	1.67
Remigio crespo redondel	2	1.67
Súper Maxi	2	1.67
Terminal Terrestre	2	1.67
Terminal terrestre Pio Pio	2	1.67
U católica	2	1.67
Autopista gasolinera	1	0.83
Autopista parrilla	1	0.83
Av. 10 de agosto virgen del bronce	1	0.83
Camino del tejar las pencas	1	0.83
Cdla Calderón	1	0.83
Don Bosco y 12 octubre	1	0.83
El calvario	1	0.83
Frente empresa eléctrica	1	0.83
Gran Colombia y Vargas Machuca	1	0.83
Gran pasaje	1	0.83
Juan José Flores y García Moreno	1	0.83
Mall de rio Doña Menestra	1	0.83
Mall rio Burger Kind	1	0.83
Mall rio KFC	1	0.83
Miraflores parque	1	0.83
Parque Central	1	0.83
Parque el Paraíso	1	0.83



Paseo de los Cañarís Parrillon	1	0.83
Pio Bravo y Vargas Machuca	1	0.83
Plazoleta El Vergel	1	0.83
Quinta Chica	1	0.83
Redondel del estadio	1	0.83
Ricaurte	1	0.83
San Joaquín	1	0.83
Solano La italiana	1	0.83
Tomas Ordoñez Esquina	1	0.83

ANEXO 5

RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE PERÓXIDOS DE PAPAS FRITAS NO ENFUNDADAS, EXPRESADO EN mEq O₂ /Kg

N.	Lugar no enfundadas	X1 mañana	X2 mañana	Promedio mañana	X1 tarde	X2-tarde	Promedio tarde
1	Remigio Crespo	39,39	36,92	38,15	44,22	41,9	43,06
2	Terminal terrestre	52,18	51,59	51,88	65,07	64,98	65,02
3	KFC Milenio Plaza	89,28	90,19	89,73	94,99	93,48	94,23
4	Av.12 abril y Loja	38,53	31,09	34,81	36,51	28	32,25
5	Av. De las Américas Feria Libre	55,6	57,05	56,32	60,15	65,54	62,84
6	Coiseo Esq.	74,9	71,45	73,17	86,23	88,2	87,21
7	Av. De las Américas y Humboldt	60,83	61,64	61,23	55,49	57,89	56,69
8	u cuenca	71,11	78,79	74,95	94,04	94,05	94,04
9	gran Colombia y vega muñoz	72,52	70,03	71,27	78,5	76,32	77,41
10	av. 12 de abril y solano	82,23	86,34	84,28	92,37	90,238	91,30
11	coral centro	67,54	67,85	67,69	96,3	92,85	94,57
12	totoracocha	82,35	83,36	82,85	88,26	90,58	89,42
13	Miraflores	41,66	44,74	43,2	49,12	50,54	49,83
14	autopista gasolinera	61,51	66,04	63,77	73,44	69,2	71,32
15	kfc monay shopping	60,03	60,9	60,46	76,54	78,83	77,68

X1 mañana: Concentración de peróxidos de muestras recolectadas en la mañana muestra 1

X2 mañana: Concentración de peróxidos de muestras recolectadas en la mañana muestra 1 duplicado

Promedio mañana: promedio de las concentración de muestras recolectadas en la mañana (X1 y X2),

X1 tarde: Concentración de peróxidos de muestras recolectadas en la tarde muestra 1

X2 tarde: Concentración de peróxidos de muestras recolectadas en la tarde muestra 1 duplicado

Promedio tarde: promedio de las concentración de muestras recolectadas en la tarde (X1 y X2)



ANEXO 6

**RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE PERÓXIDOS DE PAPAS FRITAS
ENFUNDADAS (CHIPS), EXPRESADO EN mEq O₂ /Kg**

N.	Marca	X1	X 2	Promedio
1	Lays	39,06	36,19	37,62
2	Artesanales	34,74	37,1	35,92
3	Ruffles	39,34	37,08	38,21
4	Rizadas	31,8	34,32	33,06
5	Milis	29,15	30,63	29,89
6	Patatas	52,02	48,99	50,50
7	Fritas	86,15	81,59	83,87
8	frituritas	49,06	53,73	51,39
9	pepis frituras	50,45	53,6	52,02
10	fritos aziuayos	30,64	36,52	33,58
11	albricias azuayas	63,33	61,41	62,37
12	Snakies	38,09	42,18	40,13
13	Pringles	63,27	63,57	63,42
14	rizadas	39,81	43,01	41,41
15	patatas lies	61,85	60,93	61,39

X1 concentración de peróxidos muestra 1

X2 concentración de peróxidos muestra 2 (duplicado)

ANEXO 7

**ESTIMACIÓN DE INGESTA Kg ALIMENTO/ Kg PESO CORPORAL/DÍA DE PAPAS
FRITAS NO ENFUNDADAS; CON LOS DATOS DE LOS PESOS DE CADA ENCUESTADO**

id	Peso(lbs)	Consumo (kg)	consumo (kg alimento/kg peso corporal/ día)
1	106	0,151942466	0,001433419494
2	98	0,157075288	0,001602809062
3	110	0,069917916	0,000635617417
4	121	0,136618416	0,001129077819
5	120	0,068954925	0,000574624377
6	99	0,157075288	0,001586619072
7	86	0,078356697	0,000911124385
8	103	0,1093911	0,001062049518
9	126	0,136618416	0,001084273143
10	84	0,086995957	0,001035666153
11	102	0,059623501	0,000584544129
12	108	0,162780657	0,001507228308
13	84	0,106222077	0,001264548535
14	72	0,060450286	0,000839587312
15	120	0,174165944	0,001451382868
16	125	0,053232198	0,000425857586
17	105	0,137945708	0,001313768650
18	96	0,066629123	0,000694053368
19	89	0,064219003	0,000721561836
20	84	0,174165944	0,002073404097
21	132	0,053578427	0,000405897172
22	106	0,121758378	0,001148663947
23	118	0,106222077	0,000900187092
24	109	0,075931513	0,000696619383
25	106	0,056980896	0,000537555625
26	119	0,136618416	0,001148053916
27	141	0,137713287	0,000976689980
28	97	0,1093911	0,001127743303
29	106	0,086995957	0,000820716574
30	125	0,074907578	0,000599260625
31	115	0,056761626	0,000493579353
32	123	0,057837729	0,000470225438
33	84	0,067152998	0,000799440454
34	110	0,055123324	0,000501121130
35	134	0,121758378	0,000908644614
36	106	0,056741385	0,000535296085
37	112	0,174165944	0,001555053072
38	142	0,075986516	0,000535116313
39	178	0,076276873	0,000428521758
40	179	0,050365252	0,000281370124
41	163	0,106222077	0,000651669184
42	133	0,071908352	0,000540664300
43	169	0,172685863	0,001021809839
44	135	0,121758378	0,000901913914
45	158	0,137713287	0,000871603084
46	148	0,160484971	0,001084357913
47	164	0,075042938	0,000457578891
48	158	0,121758378	0,000770622648



49	139	0,121758378	0,000875959556
50	156	0,051413399	0,000329573072
51	148	0,162780657	0,001099869306
52	122	0,106222077	0,000870672762
53	129	0,121758378	0,000943863398
54	134	0,136618416	0,001019540418
55	136	0,065613266	0,000482450488
56	178	0,172685863	0,000970145297
57	141	0,106222077	0,000753348063
58	145	0,06281098	0,000433179174
59	138	0,136618416	0,000989988522
60	141	0,106222077	0,000753348063
61	155	0,070570668	0,000455294635
62	150	0,213876517	0,001425843444
63	118	0,076479877	0,000648134548
64	148	0,106222077	0,000717716736
65	156	0,063116623	0,000404593737
66	159	0,172685863	0,001086074609
67	118	0,106222077	0,000900187092
68	132	0,172685863	0,001308226234
69	138	0,055339829	0,000401013254
70	126	0,136618416	0,001084273143
71	109	0,061507566	0,000564289599
72	137	0,121758378	0,000888747287
73	141	0,121758378	0,000863534598
74	146	0,066960325	0,000458632365
75	131	0,121758378	0,000929453270
76	125	0,086995957	0,000695967655
77	97	0,121758378	0,001255241014
78	138	0,106222077	0,000769725195
79	152	0,051464842	0,000338584484
80	149	0,136618416	0,000916902121
81	119	0,121758378	0,001023179650
82	127	0,121758378	0,000958727389
83	152	0,121758378	0,000801041963
84	138	0,121758378	0,000882307089
85	178	0,195422079	0,001097876848
86	135	0,057769055	0,000427918929
87	134	0,136618416	0,001019540418
88	123	0,121758378	0,000989905515
89	126	0,106222077	0,000843032356
90	141	0,075073643	0,000532437181
91	179	0,165149376	0,000922622215
92	125	0,121758378	0,000974067027
93	102	0,086995957	0,000852901538
94	146	0,069792569	0,000478031292
95	132	0,106222077	0,000804712704
96	126	0,067107647	0,000532600375
97	137	0,137945708	0,001006902980
98	143	0,106222077	0,000742811727
99	129	0,061150971	0,000474038539
100	109	0,072051179	0,000661019991



ANEXO 8

**ESTIMACIÓN DE INGESTA KG ALIMENTO/ KG PESO CORPORAL/DÍA DE PAPAS
FRITAS ENFUNDADAS (CHIPS); CON LOS DATOS DE LOS PESOS DE CADA
ENCUESTADO**

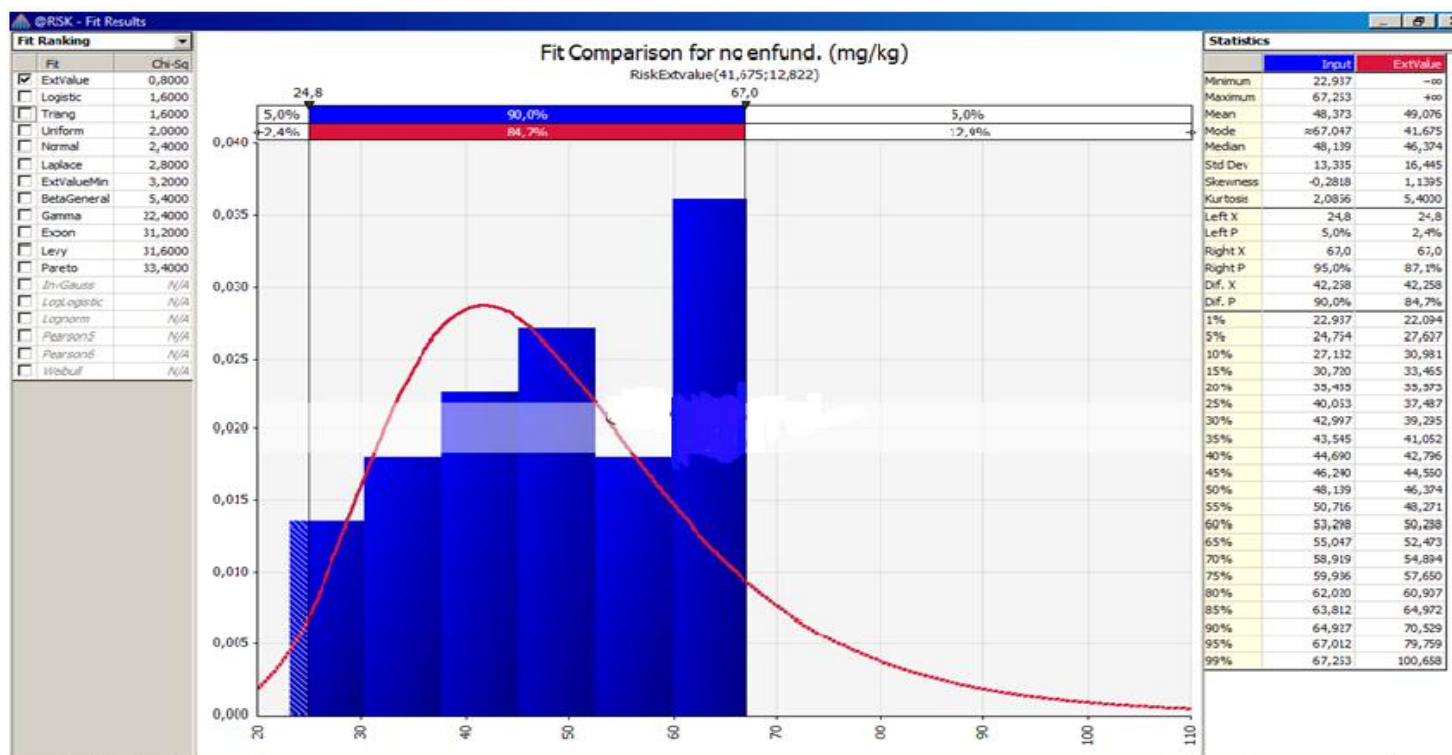
id	Peso (lbs)	Consumo (kg)	consumo (kg alimento/kg peso corporal/ día)
1	106	0,045778068	0,000431868570
2	98	0,044083381	0,000449830415
3	110	0,021092725	0,000191752045
4	121	0,021092725	0,000174320041
5	120	0,007757147	0,000064642888
6	99	0,065424547	0,000660854008
7	86	0,031942322	0,000371422349
8	103	0,021092725	0,000204783738
9	126	0,032751834	0,000259935187
10	84	0,026999096	0,000321417810
11	102	0,021092725	0,000206791422
12	108	0,040371577	0,000373810895
13	84	0,037042825	0,000440986014
14	72	0,005377758	0,000074691078
15	120	0,02721447	0,000226787250
16	125	0,021092725	0,000168741800
17	105	0,01413191	0,000134589615
18	96	0,058796362	0,000612462105
19	89	0,029634102	0,000332967440
20	84	0,05625409	0,000669691553
21	132	0,021092725	0,000159793371
22	106	0,037926567	0,000357797804
23	118	0,021092725	0,000178751907
24	109	0,029460431	0,000270279187
25	106	0,026832492	0,000253136715
26	119	0,021092725	0,000177249790
27	141	0,030338113	0,000215163925
28	97	0,041162713	0,000424357862
29	106	0,028242422	0,000266437939
30	125	0,047494282	0,000379954254
31	115	0,029444531	0,000256039397
32	123	0,021092725	0,000171485569
33	84	0,026832492	0,000319434427
34	110	0,01413191	0,000128471905
35	134	0,058937078	0,000439828940
36	106	0,059687058	0,000563085450
37	112	0,025408096	0,000226857998
38	142	0,021092725	0,000148540317
39	178	0,049600164	0,000278652608
40	179	0,056581878	0,000316099880
41	163	0,025951625	0,000159212426
42	133	0,047494282	0,000357099863
43	169	0,047494282	0,000281031253
44	135	0,038907856	0,000288206344
45	158	0,035317711	0,000223529819
46	148	0,046982834	0,000317451583
47	164	0,060218621	0,000367186712

48	158	0,021092725	0,000133498260
49	139	0,035679241	0,000256685185
50	156	0,02839558	0,000182022947
51	148	0,033852823	0,000228735290
52	122	0,040868808	0,000334990231
53	129	0,025979393	0,000201390646
54	134	0,030280171	0,000225971426
55	136	0,021092725	0,000155093566
56	178	0,056656579	0,000318295390
57	141	0,045551972	0,000323063629
58	145	0,041093224	0,000283401546
59	138	0,033473005	0,000242558008
60	141	0,021092725	0,000149593794
61	155	0,021092725	0,000136082097
62	150	0,047494282	0,000316628545
63	118	0,049891818	0,000422812014
64	148	0,021092725	0,000142518412
65	156	0,024398582	0,000156401168
66	159	0,041062458	0,000258254452
67	118	0,021092725	0,000178751907
68	132	0,039229218	0,000297191048
69	138	0,026832492	0,000194438347
70	126	0,065920112	0,000523175491
71	109	0,033756498	0,000309692646
72	137	0,042382528	0,000309361521
73	141	0,021092725	0,000149593794
74	146	0,026832492	0,000183784191
75	131	0,021092725	0,000161013168
76	125	0,048129829	0,000385038636
77	97	0,066198235	0,000682456030
78	138	0,021092725	0,000152845833
79	152	0,021092725	0,000138767928
80	149	0,035883602	0,000240829542
81	119	0,021092725	0,000177249790
82	127	0,026832492	0,000211279463
83	152	0,036301896	0,000238828263
84	138	0,031627805	0,000229186996
85	178	0,03957622	0,000222338315
86	135	0,026832492	0,000198759199
87	134	0,035171034	0,000262470404
88	123	0,040594662	0,000330037900
89	126	0,037926567	0,000301004502
90	141	0,041328201	0,000293107810
91	179	0,065336842	0,000365010291
92	125	0,021092725	0,000168741800
93	102	0,021092725	0,000206791422
94	146	0,021092725	0,000144470719
95	132	0,031525042	0,000238826077
96	126	0,021092725	0,000167402579
97	137	0,021092725	0,000153961496
98	143	0,050530153	0,000353357712
99	129	0,021092725	0,000163509496
100	109	0,026137928	0,000239797508



ANEXO 9

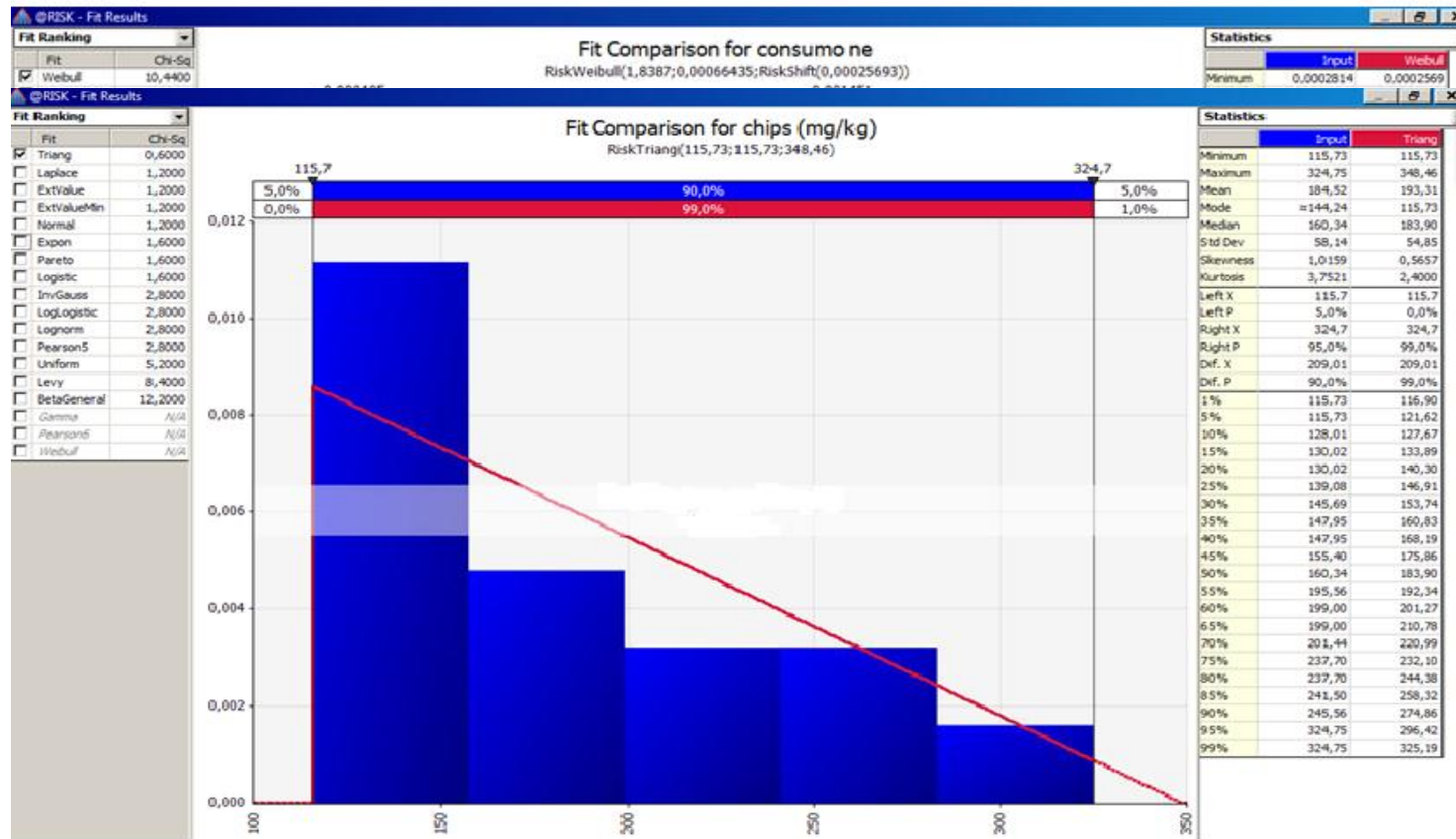
GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PERÓXIDOS EN PAPAS FRITAS NO ENFUNDADAS (software @t Risk)



ANEXO 10



GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE PERÓXIDOS EN PAPAS FRITAS NO ENFUNDADAS (software @t Risk)



ANEXO 11 GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PERÓXIDOS EN PAPAS FRITAS ENFUNDADAS - CHIPS (software @t Risk)



ANEXO 12

GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE PERÓXIDOS EN PAPAS FRITAS NO ENFUNDADAS (software @t Risk)

