



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EVALUACIÓN DE ACRILAMIDA EN LA FRITURA DE  
PAPA (*Solanum tuberosum*) DIACOL – CAPIRO TIPO  
BASTÓN, UTILIZANDO DOS TIPOS DE ACEITE”

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO (A)  
AGROINDUSTRIAL

**Autor:** Darwin Fernando Ortega Gutiérrez

**Director:** Dra. Lucía del Carmen Toromoreno Arévalo MSc.

Ibarra – Febrero – 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“EVALUACIÓN DE ACRILAMIDA EN LA FRITURA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) DIACOL – CAPIRO TIPO BASTÓN, UTILIZANDO DOS TIPOS DE ACEITE”.**

Tesis revisada por miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**APROBADA:**

Dra. Lucia Toromoreno, Msc

**DIRECTORA DE TESIS,**



.....

**FIRMA**

Ing. Rosario Espín, MBA

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



.....

**FIRMA**

Ing. Carla Sandoval, MSc

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



.....

**FIRMA**

Ing. Iván Vaca, MSc

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



.....

**FIRMA**

**IBARRA-ECUADOR**

**2019**



**2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo **Darwin Fernando Ortega Gutiérrez**, con cédula de identidad Nro. **040164998-3** en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

**3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por tanto, la obra es original y que titular y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad, en caso de reclamación por parte de terceros.

TELEFONO FIJOMOVIL	
EMAIL	darfe1587@hotmail.com
DIRECCIÓN	Cacha 37 de septiembre y Colón - San Gabriel
APELLIDOS Y NOMBRES	Ortega Gutiérrez Darwin Fernando

Ibarra, a los 18 días del mes de febrero de 2019

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	EVALUACIÓN DE ACRILAMIDA EN LA FRITURA DE PAPA (Zolmanu información) DIACOL - CABRO TIPO BASTÓN UTILIZANDO DOS TIPOS DE...
AUTOR	Ortega Gutiérrez Darwin Fernando
FECHA	18 de febrero de 2019
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniero Agroindustrial
DIRECTOR	Dra. Lucía del Carmen Toromero Arévalo, MSc.

**Autor:**

Darwin Fernando Ortega Gutiérrez

CI: 040164998-3

## DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de febrero del 2019

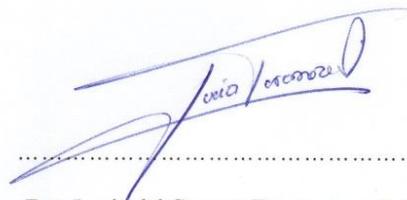


.....  
Darwin Fernando Ortega Gutiérrez

CI: 040164998-3

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Darwin Fernando Ortega Gutiérrez, bajo mi supervisión.



.....  
Dra. Lucia del Carmen Toromoreno Arévalo

**DIRECTORA DE TESIS**

# AGRADECIMIENTO

## A DIOS

*Por darme la vida, por darme todo lo que tengo, por ser quien soy, gracias a tí he llegado hasta aquí para ser buena persona.*

## A MIS PADRES

*Por ser los principales promotores de mis sueños, a su dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupan por mí, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.*

## A MIS COMPAÑEROS(AS)

*A todos porque fue una gran experiencia estudiar junto a ustedes ya que todos los sacrificios que hemos realizados serán recompensados grandemente.*

## A LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

*Por haberme abierto las puertas para que pueda formarme profesionalmente. A la carrera de **Ingeniería Agroindustrial** por los conocimientos brindados. A mi directora de trabajo de grado **Dra. Lucía del Carmen Toromoreno Arévalo** a mis asesores **Ing. Rosario Espín, Ing. Carla Sandoval, Ing. Iván Vaca** por su valioso tiempo, apoyo, comprensión y paciencia en la elaboración de este proyecto investigativo.*

*Al **Dr. José Luis Moreno Cobos** por los conocimientos y aportes brindados en el proyecto investigativo, en especial al **Ing. Pedro Sandoval** por motivar el desarrollo de este proyecto investigativo. **Agradezco a todos los que me ayudaron de una u otra forma, porque algo bueno me quedo de todos ustedes.***

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES

*Por su entrega, dedicación, el apoyo en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor y comprensión. Por tener siempre las palabras correctas en cada momento necesario.*

### A MIS COMPAÑEROS(AS)

*Por estar presentes en todo el proceso de la carrera, por ayudarme a cumplir esta meta y animarme a seguir adelante, la gran amistad que hemos desarrollado va a mantenernos unidos siempre.*

*Dedicado a los que se adelantaron al gran viaje y a los que por circunstancias mayores dejaron sus estudios, su amistad quedara eternamente.*

**DARWIN FERNANDO**

*Hemos luchado mucho para estudiar y graduarnos, pero lo irónico de todo esto es que...*

*hoy empieza la verdadera lucha (Fernando Anfus)*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	iv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	v
RESÚMEN .....	vi
SUMMARY .....	viii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PROBLEMA .....	2
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.4 HIPÓTESIS .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 LA PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ) .....	5
2.1.1 LOS TUBÉRCULOS.....	5
2.1.2 VARIEDADES DE PAPA .....	6
2.1.2.1 Variedades mejoradas.....	6
2.1.2.2 Composición química .....	6
2.1.3 VARIEDAD DIACOL CAPIRO .....	8
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PAPA PARA LA INDUSTRIA .....	9
2.2.1. TAMAÑO, FORMA Y UNIFORMIDAD DEL TUBÉRCULO .....	10
2.2.2 PROFUNDIDAD DE LOS OJOS .....	11

2.2.3 CONDICIÓN FÍSICA.....	12
2.2.3.1 Presencia del corazón hueco.....	12
2.2.4 CALIDAD DE LA PAPA DESTINADA AL PROCESO INDUSTRIAL .	12
2.2.4.1 Materia seca.....	12
2.2.4.2 Almidón/azúcares reductores .....	12
2.2.4.3 Contenido de fenoles y susceptibilidad al pardeamiento enzimático .....	13
2.2.4.4 Contenido de agua .....	13
2.2.4.5 Cenizas .....	13
2.2.4.6 Fibra	14
2.2.4.7 Proteína.....	14
2.3 LA FRITURA DE LOS ALIMENTOS .....	14
2.3.2 PROCESO DE FRITURA.....	15
2.3.3 PAPAS TIPO FRENCH FRIES .....	17
2.3.3.1 Conducción de calor .....	18
2.3.3.2 Convección de calor .....	18
2.3.3.3 Diagrama de proceso de fritura .....	19
2.4 ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS.....	21
2.4.3 FORMACIÓN Y DESTINO DE LA ACRILAMIDA .....	22
2.4.4 MECANISMO DE FORMACIÓN.....	23
2.4.4.1 Reacción de Maillard.....	24
2.4.4.2 Toxicidad .....	28
2.4.5 EXPOSICIÓN DIETARIA Y NIVELES DE ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS.....	30
2.4.6 INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS DE COCCIÓN DE ALIMENTOS.....	31

2.5	ACEITE PARA FRITURA .....	32
2.5.2	CAMBIOS DETECTABLES EN LOS ACEITES DE FRITURA .....	32
2.6	ACEITE DE PALMA .....	33
2.6.2	GENERALIDADES DEL ACEITE DE PALMA.....	33
2.6.3	PARÁMETROS DE CALIDAD Y REQUISITOS DE IDENTIFICACIÓN DEL ACEITE DE PALMA CRUDO.....	33
2.6.4	CAMBIOS DE FASES Y CONDICIONES CRÍTICAS DEL ACEITE DE PALMA 34	
2.6.5	VALOR NUTRICIONAL DEL ACEITE DE PALMA.....	35
2.7	ACEITE DE GIRASOL .....	36
2.7.2	GENERALIDADES DEL ACEITE DE GIRASOL .....	36
2.7.3	PARÁMETROS DE CALIDAD Y REQUISITOS DE IDENTIFICACIÓN DEL ACEITE DE GIRASOL CRUDO .....	36
2.7.4	CAMBIOS DE FASES Y CONDICIONES CRÍTICAS DEL ACEITE DE GIRASOL 37	
2.7.5	VALOR NUTRICIONAL DEL ACEITE DE GIRASOL.....	38
2.8	MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE ACRILAMIDA .....	39
	CAPÍTULO III .....	40
	MATERIALES Y MÉTODOS .....	40
3.1	MÉTODOS .....	40
3.1.1	MÉTODO ANÁLITICO .....	40
3.2	LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	40
3.3	TÉCNICAS.....	42
3.3.1	DE LABORATORIO .....	42
3.4	MATERIALES Y EQUIPO DE TRABAJO .....	42
3.4.1	MATERIA PRIMA .....	42

3.4.2 EQUIPO .....	42
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	43
3.5.1 PRIMER DISEÑO EXPERIMENTAL .....	43
3.5.1.1 Numero de tratamientos .....	43
3.5.1.2 Características del experimento.....	44
3.5.1.3 Esquema del análisis estadístico.....	44
3.5.1.4 Análisis funcional.....	45
3.5.2 SEGUNDO DISEÑO EXPERIMENTAL.....	45
3.5.2.1 Número de tratamientos .....	46
3.6 VARIABLES A EVALUAR.....	47
3.6.1 VARIABLES CUALITATIVAS.....	47
3.6.1.1 Variables a evaluar en la papa frita tipo bastón:.....	47
3.6.2 VARIABLES CUANTITATIVAS.....	49
3.6.2.1 Análisis físicos de la papa frita tipo bastón.....	49
3.6.2.2 Análisis químicos de la papa frita tipo bastón.....	50
3.6.2.3 Análisis físicos en la mezcla de los aceites fritos.....	52
3.2.7.4 Análisis químicos en la mezcla de los aceites fritos.....	53
CAPÍTULO IV .....	54
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	54
4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA ....	54
4.1.1 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA PAPA .....	54
4.1.2 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS ACEITES .....	56
4.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS MEJORES NIVELES DE TEMPERATURAS Y MEZCLAS DE ACEITES SOBRE EL CONTENIDO DE ACRILAMIDA EN EL PRODUCTO FINAL.....	60

4.2.1 ANÁLISIS DE ACRILAMIDA .....	62
4.2.1.1 Diseño experimental uno.....	62
4.2.1.2 Análisis de acrilamida presente en cada uno de los tratamientos .....	63
4.2.1.3 Relación de acrilamida frente a temperaturas y mezclas .....	66
4.2.1.4 Diseño experimental dos .....	67
4.3 EVALUACIÓN EL CONTENIDO DE ACRILAMIDA, LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL.....	70
4.4 ANÁLISIS ORGANOLEPTICO.....	71
CAPÍTULO V .....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	73
5.1 CONCLUSIONES .....	73
5.2 RECOMENDACIONES .....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS .....	88
ANEXO 1. Análisis físico químicos de la materia prima (papa).....	88
ANEXO 2. Análisis físico químico de los aceites .....	89
ANEXO 3. Balance de materiales .....	90
ANEXO 4. Fotografías del proceso .....	91
ANEXO 5. Determinación de peso final.....	96
GLOSARIO .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la papa .....	7
Tabla 2. Diacol – Capiro .....	8
Tabla 3. Factores bióticos.....	9
Tabla 4. Concentraciones de Acrilamida en los alimentos .....	31
Tabla 5. Valor nutricional aceite de palma .....	35
Tabla 6. Valor nutricional aceite de girasol .....	38
Tabla 7. Ubicación del experimento .....	41
Tabla 8. Tratamientos del arreglo factorial A x B + 2 .....	44
Tabla 9. Esquema del ADEVA para el arreglo factorial A x B + 2 .....	45
Tabla 10. Tratamientos del arreglo factorial A x B.....	46
Tabla 11. Esquema del ADEVA para el arreglo factorial A x B .....	46
Tabla 12. Color.....	47
Tabla 13. Textura-Dureza .....	48
Tabla 14. Aceptabilidad .....	48
Tabla 15. Análisis físico químico de la papa .....	54
Tabla 16. Análisis físico químico de los aceites .....	56
Tabla 17. Datos de variables cualitativas y cuantitativas .....	60
Tabla 18. Matriz de componente rotado.....	61
Tabla 19. Análisis de varianza de la presencia de acrilamida en la papa frita.....	63
Tabla 20. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable presencia de acrilamida en la papa frita .....	64
Tabla 21. Prueba DMS al 5% para el factor A (% de los tipos de aceite de palma y girasol) para la variable presencia de acrilamida .....	64

Tabla 22. Prueba DMS al 5% para el factor B (temperatura de fritura de la papa) para la variable presencia de acrilamida .....	65
Tabla 23. Análisis de varianza de la presencia de acrilamida en la papa frita .....	67
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos para la variable presencia de acrilamida en la papa frita .....	68
Tabla 25. Prueba DMS al 5% para el factor A (temperatura de fritura de la papa) para la presencia de acrilamida en la papa frita .....	68
Tabla 26. Prueba DMS al 5% para el factor B (tipo de aceite) para la presencia de acrilamida en la papa frita .....	69
Tabla 27. Resumen de significación para variables organolépticas .....	72
Tabla 28. Datos del peso final de la papa frita .....	96
Tabla 29. Análisis de varianza del peso final de la papa frita .....	96
Tabla 30. Prueba DMS al 5% para el factor B (temperatura de la papa frita) para la variable peso final de la papa frita .....	96
Tabla 31. Datos de la densidad de los aceites .....	97
Tabla 32. Análisis de varianza de la densidad de mezcla de los aceites .....	97
Tabla 33. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable densidad de los aceites .....	97
Tabla 34. Prueba DMS al 5% para el factor A (% de los tipos de aceite de palma y girasol) para la variable densidad .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tubérculo .....	5
Figura 2. Medida mínima de selección de un tubérculo .....	11
Figura 3. Medida máxima de selección de un tubérculo para la empresa.....	11
Figura 4. Diagrama esquemático de la transferencia de masa y calor durante el proceso de fritura (Aguilera, 1997).....	18
Figura 5. Acrilamida .....	22
Figura 6. Molécula de Acrilamida (2-Propenamida) .....	22
Figura 7. Mecanismo de formación de la acrilamida en alimentos tratados térmicamente .....	23
Figura 8. Esquema de la reacción de Maillard (Hodge, 1953; Zhang y Zhang, 2007). .....	25
Figura 9. Esquema de las reacciones de enolización 1,2 y 2,3 dependiendo del pH (Hodge, 1967).....	26
Figura 10. Degradación de Strecker (Ames , 1992).....	27
Figura 11. Investigaciones recientes sobre acrilamida en alimentos procesados térmicamente. (ELSEVIER, 2015).....	29
Figura 12. Descripción de componentes en espacio rotado .....	61

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1. Comparación de valores, de la densidad relativa de los factores antes de su fritura, las mezclas de aceites y testigos después de la fritura. ....	56
Grafico 2. Comparación de valores, del índice de refracción de los factores antes de su fritura, las mezclas de aceites y testigos después de la fritura. ....	57
Grafico 3. Comparación de valores, del punto de nube de los factores antes de su fritura, las mezclas de aceites y testigos después de la fritura. ....	59
Grafico 4. Interacción de los factores A x B, de la variable presencia de acrilamida en la papa frita .....	66
Grafico 5. Comparación de las temperaturas y su incidencia en la formación de acrilamida .....	66
Grafico 6. Comparación del % de mezcla de aceites y su incidencia en la formación de acrilamida .....	67
Grafico 7. Interacción de los factores A x B, de la variable presencia de acrilamida en la papa frita .....	69
Grafico 8. Comparación de azúcares reductores y su incidencia en la formación de acrilamida .....	70
Grafico 9. Comparación de proteína y su incidencia en la formación de acrilamida .....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Análisis físico químicos de la materia prima (papa).....	88
<b>ANEXO 2.</b> Análisis físico químico de los aceites .....	89
<b>ANEXO 3.</b> Balance de materiales .....	90
<b>ANEXO 4.</b> Fotografías del proceso .....	91
<b>ANEXO 5.</b> Determinación de peso final .....	96
<b>ANEXO 6.</b> Determinación de la densidad de los aceites .....	97

## RESÚMEN

La presente investigación se realizó en la Provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia El Sagrario en las instalaciones de los laboratorios de gastronomía de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica del Norte y los análisis se realizaron en los laboratorios de análisis físico, químicos y microbiológicos de la Universidad Técnica del Norte.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar acrilamida en la fritura de papa (*Solanum tuberosum*) Diacol – Capiro tipo bastón con dos tipos de aceite. Entre los objetivos específicos se realizó una caracterización físico química de la materia prima, se estableció los mejores niveles de temperatura y mezclas de aceite sobre el contenido de acrilamida en el producto final, se evaluó el contenido de acrilamida las características físico químicas y organolépticas del producto final.

El objetivo del presente estudio es determinar los diferentes factores que conllevan a la formación de acrilamida en la fritura de alimentos específicamente en la papa ya que es uno de los principales alimentos de ingesta diaria de la humanidad.

Para el análisis estadístico se empleó dos diseños experimentales el primero es un diseño completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos, tres repeticiones con un arreglo factorial  $A \times B + 2$  donde A corresponde a la mezcla de dos tipos de aceite de palma y de girasol, B corresponde a la temperatura de fritura de la papa tipo bastón Diacol – Capiro, el testigo uno corresponde al aceite de palma al 100 % y el testigo dos al aceite de girasol al 100 %. El segundo corresponde a un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos, tres repeticiones con un arreglo factorial  $A \times B$  donde A corresponde a la temperatura de fritura de la papa tipo bastón Diacol – Capiro y B corresponde a los tipos de aceite al 100 %.

En la presente investigación se evaluó dos tipos de variables cualitativas y cuantitativas, las primeras corresponden al análisis de color, textura – dureza, y aceptabilidad del producto final. Dentro de las variables cuantitativas tenemos los análisis físicos de la papa frita como la humedad, sólidos totales, los análisis químicos de la papa frita como la ceniza la determinación de acrilamida, los azúcares reductores, la grasa y la proteína. Se realizaron análisis físicos de la mezcla

de los aceites fritos como la densidad, el índice de refracción, el punto de nube. También se realizó análisis químicos a la mezcla de los aceites fritos como es el índice de yodo, densidad, enturbiamiento. Además, se realizó un análisis comparativo de variables cualitativas y cuantitativas mediante componentes principales.

Una vez realizado los respectivos análisis de las variables se determinó que las mezclas de los aceites y las temperaturas de fritura influyen en el contenido de acrilamida en la papa. La variedad Diacol Capiro es la más adecuada para el proceso de fritura debido a sus bondades en lo que respecta a sus características físico químicas, la mezcla de aceite de palma y girasol en igualdad de proporciones generan menor cantidad de acrilamida en la papa frita, las temperaturas de fritura iguales o inferiores a 120 °C son las más adecuadas ya que generan menor cantidad de acrilamida o no se llega a detectar, el tiempo de fritura de la papa varía dependiendo de los grados de temperatura que se emplea en el proceso es decir a mayor temperatura menor tiempo de fritura pero con ello se incrementa la generación de acrilamida. Se sugiere además un máximo de dos veces la reutilización de los aceites en fritura para no elevar el riesgo de formación de acrilamida.

**Palabras clave:** aceites, acrilamida, fritura, humedad, papa, rancidez, temperatura

## SUMMARY

This research was carried out in the Province of Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia El Sagrario in the facilities of the laboratories of gastronomy of the Faculty of Health Sciences in the Universidad Técnica del Norte University and the analyzes were carried out in the laboratories of physical, chemical and microbiological use of the university.

The main objective of the research was to evaluate acrylamide in the frying of potato (*Solanum tuberosum*) Diacol - Capiro cane type with two types of oil. Among the specific objectives, a physical chemical characterization of the raw material was carried out, the best temperature levels and oil mixtures were established on the acrylamide content in the final product, the acrylamide content was evaluated, the physicochemical and organoleptic characteristics of the product final.

The objective of the present study is to determine the different factors that lead to the formation of acrylamide in the frying of food specifically in potatoes since it is one of the main foods of daily intake of mankind.

Two experimental designs were used for the statistical analysis: the first is a completely randomized design (DCA) with eight treatments, three replications with a factorial arrangement  $A \times B + 2$  where A corresponds to the mixture of two types of palm oil and sunflower, B corresponds to the frying temperature of the Diacol - Capiro cane type, the control one corresponds to the 100% palm oil and the control two to the 100% sunflower oil. The second corresponds to a completely randomized design (DCA) with four treatments, three repetitions with a factorial arrangement  $A \times B$  where A corresponds to the frying temperature of the cane type Diacol - Capiro and B corresponds to the types of oil 100%

In this research two types of qualitative and quantitative variables were evaluated, the first correspond to the analysis of color, texture - hardness, and acceptability of the final product. Within the quantitative variables we have the physical analyzes of the fried potato like the humidity, the time of frying of the potato and the total solids, the chemical analyzes of the fried potato like the ash the determination of

acrylamide, the reducing sugars, the fat and the protein. Physical analysis of the mixture of fried oils such as density, refractive index, cloud point and rancidity of the oils were carried out. Chemical analysis was also carried out on the mixture of fried oils, such as the iodine index, density and cloud point. In addition, a comparative analysis of qualitative and quantitative variables was carried out using main components.

Once the respective analysis was performed, it was determined that the mixtures of the oils temperatures influence the content of acrylamide in the potato. The Diacol Capiro variety is the most suitable for the frying process due to its benefits in terms of its physical and chemical characteristics, the mixture of palm oil and sunflower in equal proportions generate less acrylamide in the fried potato, frying temperatures equal to or lower than 120 °C are the most appropriate since they generate less acrylamide or can not be detected, the frying time of the potato varies depending on the degrees of temperature used in the process. the higher the temperature, the shorter the frying time, but with this the generation of acrylamide increases. It is also suggested a maximum of two times the reuse of the oils in frying so as not to increase the risk of acrylamide formation.

**Keywords:** acrylamide, frying, humidity, oils, potato, rancidity, temperature.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Los alimentos que contienen almidón y son expuestos a altas temperaturas son los más propensos a generar acrilamida misma que se incrementa con el tiempo de calentamiento. Investigadores han orientado sus estudios sobre los posibles mecanismos de formación de la acrilamida en los alimentos (Zyzak, y otros, 2003), los cuales han confirmado que la mejor vía de síntesis en alimentos fritos generan la conocida reacción de Maillard (Coughlin, 2003); (Wedzicha, Dodson, & Mottram, 2002), en que interviene un azúcar reductor y un grupo NH<sub>2</sub> de un aminoácido libre o disponible.

La reacción de la glucosa con la asparagina da lugar a la formación de un enlace entre el carbono carbonílico del azúcar y el nitrógeno del grupo amina de la asparagina (Calvo, 2002), La eliminación de agua de este compuesto da lugar a la formación de una base de Schiff, la cual se descarboxila y se rompe mediante dos posibles reacciones, en una de ellas da lugar directamente a acrilamida y en la otra a 3-aminopropionamida, que se transforma también en acrilamida (Wedzicha, Dodson, & Mottram, 2002). “Otros aminoácidos que producen cantidades menores de acrilamida son: alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, glutamina, metionina, treonina y valina” (Stadler, et al, 2002).

El hallazgo de acrilamida en algunos alimentos es motivo de preocupación para la OMS, ya que esta es carcinogénica para el ser humano, por tanto, se evaluó por primera vez, los niveles de acrilamida en diversos alimentos para responder a las recomendaciones de las autoridades de salud pública, con metodología validada, se sabe que tiene acción neurotóxica para las personas, tras la administración por vía

oral de dosis únicas de acrilamida 1-10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corporal por día. (Garzón, 2014).

Estudios en ratones de laboratorio han demostrado que la acrilamida es un compuesto cancerígeno causante de pérdida de las características fenotípicas que producen una respuesta aguda con generalidades tóxicas en las células somáticas y germinales, posee el potencial de inducir daños hereditarios en los genes y cromosomas. Aunque en seres humanos no se ha demostrado su efecto, se determinó que la acrilamida es neurotóxica, provocando cambios en el sistema nervioso. (Godnic, 2014)

Con estos antecedentes se hace necesario realizar la presente investigación ya que los hábitos alimentarios actuales incluyen grandes cantidades de productos que contengan almidón sometidos a fritura en altas temperaturas por lo que tienen un nivel considerable de acrilamida en la ingesta diaria por lo tanto hace necesario determinar en el caso de las papas fritas las cantidades de la misma para tener un registro y así a futuro si repercute en la salud humana hacer uso de los mismos.

## 1.2 PROBLEMA

Actualmente existe en el mercado una amplia gama de productos derivados de la papa (*Solanum tuberosum*) como almidón de papa, papa seca, puré de papa en caja, chips, papa fritas entre otros. De estos productos algunos son sometidos a elevadas temperaturas para su fritura; lo que implica el constante uso de aceites y a la vez la reutilización del mismo, dando como resultado un producto alto en grasa y calorías lo que pone en riesgo la salud del consumidor. Cabe destacar que el consumo de los mismos se ha acelerado debido al incremento de la población urbana y su ritmo de vida a tal punto que se ha convertido en un producto de consumo básico en la dieta de la población nacional.

En el momento de realizar los procesos de fritura las papas desprenden una sustancia neurotóxica y carcinógena llamada Acrilamida la cual se forma por la intervención de un azúcar reductor y un grupo NH<sub>2</sub> de un aminoácido libre o disponible. (Wedzicha, Dodson, & Mottram, 2002).

Se hace necesario concientizar a los productores industriales, artesanales y de pequeños locales de expendio de papa frita el riesgo que presenta al reutilizar el aceite por varias veces ya que silenciosamente están generando la sustancia llamada acrilamida la cual puede poner en peligro la salud del consumidor, debido a que es reactiva, volátil y puede auto degradarse después de su formación. Los factores más importantes que determinan la cinética de formación de acrilamida y su posterior degradación son la composición de la papa (*Solanum tuberosum*) y el tipo de aceite utilizado en la fritura.

La ciencia de los alimentos busca implementar nuevas formas de preparación de diferentes productos conservando al máximo sus propiedades y así ayudar a mejorar las condiciones alimentarias y económicas de la población. Se hace necesario aplicar nuevos procesos agroindustriales para la industrialización de la papa (*Solanum tuberosum*). Esta propuesta pretende diversificar el uso de los aceites comestibles, planteando la formulación de los mismos y su uso en las frituras.

Según datos del Ministerio de Agricultura (MAGAP) el consumo del mercado local supera los 23 kilos de papas por persona cada año. La producción local del tubérculo

fue decreciente desde el 2010 a relación del 2012 con una producción de 305 000 toneladas que abastece la demanda doméstica local, sin embargo, algunas exigencias específicas de la industria todavía requieren de papas importadas. Ese es el caso de las franquicias de comidas rápidas y supermercados que las compran peladas, congeladas y listas para freír. (EL COMERCIO, 2014).

La aplicación de este trabajo investigativo puede servir de referencia para futuras investigaciones en la elaboración de nuevos productos.

## 1.3 OBJETIVOS

### ➤ OBJETIVO GENERAL

Evaluar acrilamida en la fritura de papa (*Solanum tuberosum*) Diacol-Capiro. tipo bastón con dos tipos de aceite.

### ➤ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterización físico química de la materia prima.
- ✓ Establecer los mejores niveles de temperaturas y mezclas de aceites sobre el contenido de acrilamida en el producto final.
- ✓ Evaluar el contenido de acrilamida, las características físico – químicas y organolépticas del producto final.

## 1.4 HIPÓTESIS

### ➤ HIPÓTESIS NULA ( $H_0$ )

La mezcla de los aceites y la temperatura de fritura **NO** influyen en el contenido de acrilamida en la papa (*Solanum tuberosum*) Diacol-Capiro tipo bastón.

### ➤ HIPÓTESIS ALTERNATIVA ( $H_a$ )

La mezcla de los aceites y la temperatura de fritura influyen en el contenido de acrilamida en la papa (*Solanum tuberosum*) Diacol-Capiro tipo bastón.

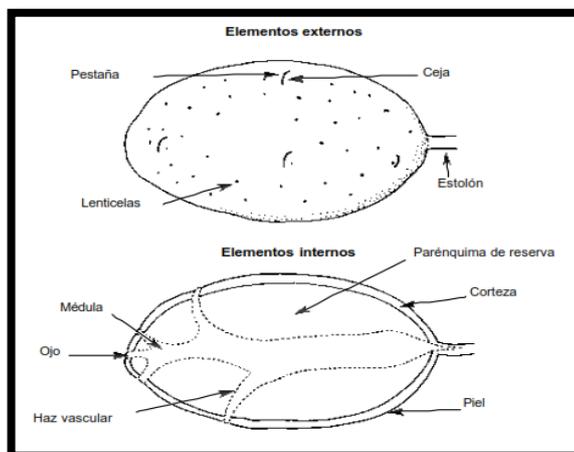
## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 LA PAPA (*Solanum tuberosum*)

##### 2.1.1 LOS TUBÉRCULOS

La formación de tubérculos es consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que estimula el aumento de células hasta un factor de 64 veces. Los tubérculos son tallos modificados engrosados que se originan en el extremo del estolón y tienen yemas y ojos.



**Figura 1.** Tubérculo

(Sherwood & Pumisacho, 2002)

El tejido vascular de los tallos, estolones y tubérculos toma inicialmente la forma de haces bicolaterales, con grupos de células floemáticas de pared delgada en la parte externa del xilema (floema externo) y hacia el centro en la parte interna del xilema (floema interno).

Mientras el tubérculo está en crecimiento, nuevos grupos de floema, incluyendo tubos cribosos, células acompañantes y elementos del parénquima conductor, se forman. Hidratos de carbono se almacenan dentro de las células del parénquima de reserva, de la medula y la corteza en forma de gránulos de almidón con detalles característicos (Sherwood & Pumisacho, 2002).

### **2.1.2 VARIEDADES DE PAPA**

Según Caicedo (1993), existen numerosas variedades de papa. El productor debe elegir cual variedad es la más adecuada para sus condiciones de producción. De acuerdo a Bill & Andrade (1998), las variedades de papa cultivadas en el Ecuador son las siguientes: Capiro, Cecilia, Esperanza, Fripapa, Gabriela, María, Pan, Raymi, Soledad Cañarí, Superchola, Suprema, Uvilla, Yema de huevo, entre otros. En las cuatro provincias: Bolívar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, la superficie cultivada con papa nativa varía entre 0.01 a 0.5 hectáreas en promedio por familia; hasta hace unos 30 años se sembraban solo papas nativas; pero ahora el área cultivada se ha reducido y este espacio ha sido ocupado por cultivares de papa mejorados como: Cecilia, Clonada, Diamante, Diacol-Capiro, INIAP Fripapa, INIAP Gabriela, Roja Peruana, Superchola, Única Monteros, entre otros.

#### **2.1.2.1 Variedades mejoradas**

Conocidas también como “papas mejoradas”, tienen los siguientes atributos: mayor capacidad productiva, diversidad varietal, mayor resistencia individual a plagas y enfermedades, abarcan cuantitativamente el mercado (Sanchez, 2003).

#### **2.1.2.2 Composición química**

La papa contiene nutrientes como: carbohidratos, proteínas, grasas y vitaminas. La cual es una rica fuente de almidón, por lo que proporciona una gran cantidad de energía. Los carbohidratos son necesarios para prevenir la fatiga y desbalances nutricionales, siendo la papa una fuente de carbohidratos que contiene menos calorías y grasas que otras fuentes de estos compuestos, como son el pan, las pastas o el arroz. (Muñoz M. , 2014).

La papa, además de suministrar energía y los compuestos señalados más arriba, posee una buena cantidad de otros metabolitos beneficiosos para la salud humana, esto son:

- **Fenoles:** Los polifenoles son importantes antioxidantes en nuestra dieta y la papa es una buena fuente de ellos. Estos compuestos están presentes tanto en la piel como en la pulpa de las papas.
- **Flavonoides:** La papa no contiene tantos flavonoides si se le compara con otros alimentos, pero su alto consumo hace que sea una buena fuente de ellos. Al igual que lo que sucede con los fenoles, las papas de pulpas rojas o púrpura tienen más altos niveles por que se utilizan como fuente de colorantes naturales y antioxidantes en la industria alimenticia para reemplazar a los colorantes artificiales y así mejorar la salud humana.
- **Carotenoides:** Las papas son una buena fuente de carotenoides, los carotenoides tienen una serie de propiedades, entre ellas están: actividad pro vitamina A, antioxidantes, activan el sistema inmune, protección de la piel ante luz ultravioleta, promueve comunicación intercelular, aumentan la agudeza mental. (Muñoz M. , 2014). Las papas con pulpas más amarillas tienen mayor contenido de estos compuestos que las papas de pulpas más blancas.

**Tabla 1.** Composición química de la papa

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PARTE COMESTIBLE (100 G)</b>	
<b>COMPONENTE</b>	<b>PAPA COMÚN</b>
Humedad	76,7
Proteína	1,9
Grasas	0,1
Carbohidratos	19,3
Fibra	1
Cenizas	1
<b>OTROS COMPONENTES (mg)</b>	
Calcio	4
Fósforo	26
Hierro	1,1
Riboflavina	0,09

Niacina	1
Ácido Ascórbico	20
Tiamina	0,08
Calorías	84

Fuente: (Terranova, 2001)

### 2.1.3 VARIEDAD DIACOL CAPIRO

Planta de porte bajo, tallos no muy gruesos de color verde y púrpura; foliolos pequeños alargados de color verde oscuro; flores de color morado oscuro con acúmenes blancos en la punta y fructificación escasa. Los tubérculos resisten bien al almacenamiento y el verde amiento (Federación Colombiana de Productores de Papa, 2014).

Se adapta de 2000 a 2800 m.s.n.m., su período vegetativo es de 5 a 6 meses, planta de porte mediano, follaje verde oscuro relativamente escaso, crecimiento lento y de regular cobertura. Las flores son de color lila y los tubérculos son de forma redonda, ligeramente aplanada, piel color morado, ojos superficiales y pulpa color crema, buen contenido de materia seca (22.0%), con bajos niveles de azúcares reductores y su periodo de reposo es de 2 meses (15 °C y 90% H.R). Es altamente susceptible a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), excelente para papa frita en hojuelas y su rendimiento promedio es de 25-30 t/ha. (Segura A., Santos C., E., & Núñez, 2006).

**Tabla 2.** Diacol – Capiro

<b>DIACOL – CAPIRO</b>	
<b>Registro:</b> PAP-68-02	<b>Parentales:</b> Tuquerreña (CCC 61) x 1967 (C) (9) (CCC 751)
<b>Tipo de cultivar:</b> Mejorado	<b>Entidad Obtentora:</b> I.C.A
<b>Investigadores obtentores:</b> Nelson Estrada Ramos y colaboradores	<b>Año de liberación:</b> 1968

### Características Morfológicas

<b>Color predominante de la piel:</b>	Rojo	<b>Forma del tubérculo:</b>	Redondo ligeramente aplanado
<b>Color secundario de piel del Tubérculo:</b>	Morado	<b>Variante de forma:</b>	Ausente
<b>Distribución del color secundario del Tubérculo:</b>	Manchas salpicadas (sippled)	<b>Profundidad de los ojos del tubérculo:</b>	Superficial
<b>Color predominante de pulpa del tubérculo:</b>	Crema		

Fuente: (Ñustez L, 2010)

**Tabla 3.** Factores bióticos

Resistencia a Factores bióticos	
<b>Tizón tardío:</b>	Altamente susceptible
<b>El virus X de la papa (PVX):</b>	No conocido
<b>El virus Y de la papa (PVY):</b>	No conocido
<b>El virus del enrollamiento de la hoja de papa (PLRV):</b>	No conocido
<b>Roña</b>	Susceptible en raíz y tubérculo
Características Agronómicas	
<b>Rendimiento de Tubérculos (Kg/planta):</b>	Alto $X > 1.00$
<b>Adaptabilidad:</b>	1800 a 3200 msnm

Fuente: (Ñustez L, 2010)

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PAPA PARA LA INDUSTRIA

El estado de cosecha del cultivo se define por los días del ciclo vegetativo de la variedad sembrada (precoz, intermedia o tardía) o bien cuando el follaje comienza a volverse amarillo en forma generalizada y las hojas comienzan a caerse de manera natural. (Cortez & Hurtado , 2002). Es conveniente cortar el follaje unos 10 días

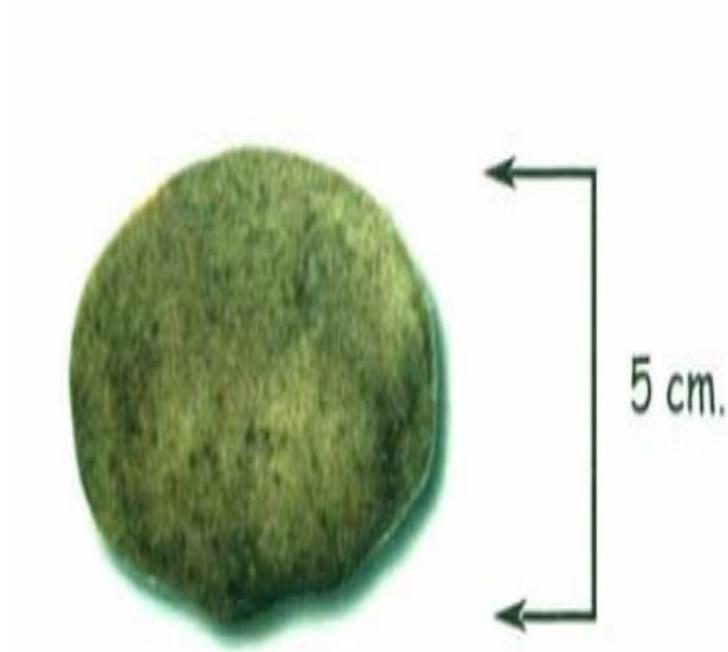
antes de la cosecha, para que la piel de los tubérculos se vuelva más fuerte, y acelera su madurez. Esta práctica favorece la acumulación de materia seca, condición importante en la calidad del producto, y control de la polilla de la papa y cualquier daño físico o la pérdida de humedad. La cosecha debe hacerse en horas tempranas de la mañana y con tiempo seco; el arranque se hace manualmente, con azadón, suacho o cuma corta.

Es conveniente cosechar con cuidado para evitar heridas sobre la superficie de las papas, porque se convierten en la principal vía de entrada de múltiples enfermedades.

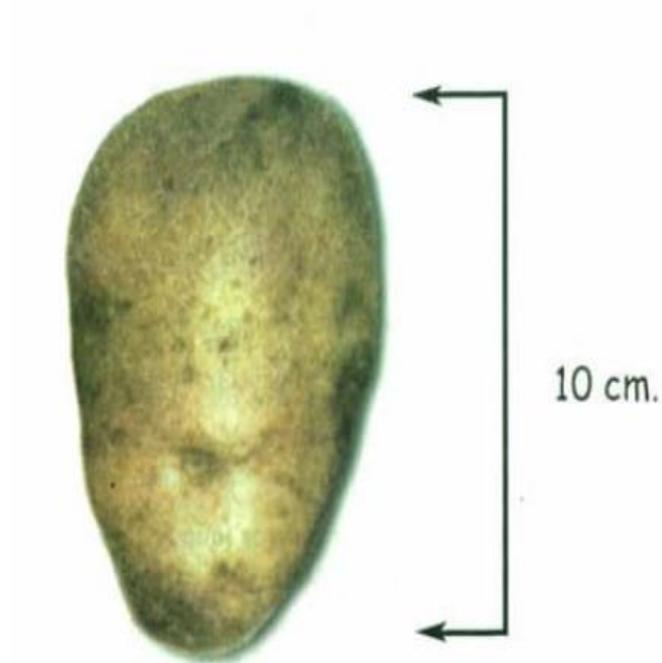
Los tubérculos deben dejarse extendidos en el suelo expuestos al sol por un periodo de 2 horas para que se aireen y se sequen bien, lo que ayuda a terminar de suberizar la piel del tubérculo, es decir, al frotarse con las manos no debe desprenderse, esto contribuye a evitar daños durante el manipuleo, transporte y almacenamiento, también facilita el desprendimiento de la tierra adherida. (Cortez & Hurtado ,2002)

### **2.2.1. TAMAÑO, FORMA Y UNIFORMIDAD DEL TUBÉRCULO**

Estas características dependen de la condición genética de la variedad, de la densidad de la población de plantas y de las prácticas culturales de manejo. Generalmente, la industria busca papas relativamente grandes y uniformes. (Ruano , 2006)



**Figura 2.** Medida mínima de selección de un tubérculo



**Figura 3.** Medida máxima de selección de un tubérculo para la empresa

### **2.2.2 PROFUNDIDAD DE LOS OJOS**

El rendimiento del tubérculo se ve afectado por la pérdida de pulpa en el pelado y en la facilidad o dificultad para hacerlo. Cuando se utilizan peladoras mecánicas de

papas si estas presentan ojos profundos acumulan tierra y complica su lavado. La uniformidad de tamaño del tubérculo es otra característica muy importante, especialmente cuando se trata para procesamiento de papa a la francesa y chips. (Moreno , 2009)

### **2.2.3 CONDICIÓN FÍSICA**

Para el proceso industrial los tubérculos con defectos físicos o enfermedades son descartados. Se separan los tubérculos con daños físicos ocasionados por el manipuleo, en donde se rompen las células produciendo manchones de color marrón. (Cortez & Hurtado , 2002).

#### **2.2.3.1 Presencia del corazón hueco**

Son condiciones físicas indeseables para la industria y se encuentra este fenómeno generalmente en los tubérculos grandes. (Cortez M. R., 2009)

### **2.2.4 CALIDAD DE LA PAPA DESTINADA AL PROCESO INDUSTRIAL**

#### **2.2.4.1 Materia seca**

Uno de los criterios de calidad más significativos para la industria del procesamiento de la papa es el contenido de materia seca. La materia seca condiciona la harinosidad, la consistencia del puré y las características físico-químicas de los productos fritos. Niveles elevados de este parámetro mejoran la consistencia de los purés, hacen que los chips sean más crujientes, aumenta el rendimiento industrial y disminuye la retención de aceite en los productos fritos.

El contenido en materia seca determina el rendimiento del producto terminado aumenta el rendimiento de las hojuelas por menores pérdidas cuantitativas de evaporación de agua mientras que disminuye la retención de aceite en la fritura. El contenido ideal es de 25% en el caso de papas fritas referidas a materia fresca (medidas a una temperatura prefijada); en caso contrario dejarían de ser comerciales (Moreno , 2009).

#### **2.2.4.2 Almidón/azúcares reductores**

Cuando el balance dinámico entre almidón y azúcares reductores se modifica a favor de estos últimos, el valor de los tubérculos destinados al procesamiento se ve

reducido. Esto se debe principalmente a que los azúcares reductores pueden reaccionar con los aminoácidos durante la fritura de las papas dando alteraciones de color y sabor perjudiciales para la presentación de productos terminados. Este fenómeno se conoce con el nombre de reacción de Maillard o con el pardeamiento no enzimático, la glucosa y la fructosa son considerados azúcares reductores. Los azúcares reductores tienen una influencia significativa en la elaboración de productos fritos porque influyen directamente en la formación del color y sabor de los mismos. Si el contenido de azúcares reductores es alto aparece un producto de sabor amargo y color marrón oscuro. La industria requiere de variedades con bajos contenidos de azúcares reductores: inferiores al 0.1% del peso fresco es ideal para la producción de hojuelas y más alto de 0.33% es inaceptable. (Pearson, 2008).

#### **2.2.4.3 Contenido de fenoles y susceptibilidad al pardeamiento enzimático**

Entre las reacciones que producen cambios en el color de la papa se encuentra también el pardeamiento enzimático catalizado por la enzima poli fenol oxidasa (PPO).

En el tejido intacto del tubérculo, los sustratos fenólicos se encuentran separados de las fenolasas, por lo que no se produce pardeamiento. El pardeamiento se inicia cuando el tubérculo se corta y se expone la superficie de corte al aire, debido a la oxidación enzimática de los fenoles a quinonas. Estas quinonas polimerizan espontáneamente para formar compuestos pardos o negros llamados melaninas. Esta reacción produce un deterioro en el flavor, color y calidad nutricional de la papa (Cortez M. R., 2009).

#### **2.2.4.4 Contenido de agua**

El porcentaje existente de agua incide en el procesamiento, ya que el contenido de humedad determina el tiempo de fritura.

#### **2.2.4.5 Cenizas**

La papa es rica en minerales, los cuales constituyen el 1% de del total de la papa, destacando el potasio como elemento mayoritario y cantidades moderadas de fósforo magnesio y hierro. Los minerales son requeridos por el organismo en

cantidades muy bajas para poder crecer, sobrevivir y reproducirse, facilitan las actividades y síntesis de otras sustancias y procesos del cuerpo.

#### **2.2.4.6 Fibra**

Se encuentra preferentemente en la piel y presenta del 1 - 2% del peso total de la papa. La fibra está formada por celulosa, sustancias pectinas y hemicelulosas, la fibra no es digerida por los seres humanos, porque estos no segregan las enzimas precisas para degradar los mencionados polímeros, para que puedan ser absorbidos por el tracto intestinal (Quilca , 2007).

La cáscara o piel de los tubérculos tienen pectina en forma de pectatos solubles de calcio, celulosa, lignina y hemicelulosas. Aunque los tubérculos aportan estos componentes se hace necesario complementar dicha ingesta con el consumo de alimentos tipo leguminosas, frutas y hortalizas (Cadena , 2007).

#### **2.2.4.7 Proteína**

Las Proteínas en las papas son bajas, a diferencia de los carbohidratos, van de 1-1.5% cuando están frescas o de un 8 a 9% en estado seco - semilla, tiene una mínima cantidad de proteínas comparado este alimento con otros de origen vegetal como el trigo, el arroz o el maíz, Aunque su aporte de proteína es mínimo, éstas son de alta calidad. La proteína que contiene las papas se llama patatina, algunas personas pueden ser alérgicas. (Ramírez, 2018).

### **2.3 LA FRITURA DE LOS ALIMENTOS**

Dentro de la preparación de alimentos la fritura es una de las técnicas más antiguas. En la actualidad, los alimentos fritos gozan de una popularidad cada vez mayor en el mundo y son aceptados por personas de todas las edades. La preparación de estos productos es fácil y rápida y su aspecto y sabor se corresponden con los deseados por el consumidor. Esta situación ha conllevado a que la fritura se haya generalizado en los establecimientos de alimentos rápidos ("fast foods"), en la propia industria alimenticia, por ejemplo, los llamados "snacks", también en los hogares, etc. (Aguliera, 1997).

Para el proceso de fritura pueden utilizarse aceites, grasas o los denominados shortenings (generalmente aceites vegetales hidrogenados, semisólidos, plásticos). Tradicionalmente los términos aceite y grasa están determinados por el punto de fusión del producto lipídico.

### **2.3.2 PROCESO DE FRITURA**

Es un fenómeno físico-químico complejo, en el cual el producto a freír (papas, carne, pescado, productos empanados, etc.) se introduce crudo o cocido en el aceite durante determinado tiempo a temperaturas entre 175 - 195 °C, para favorecer una rápida coagulación de las proteínas y provocar una casi impermeabilización del mismo, la que controla la pérdida de agua desde su interior, convirtiéndose en vapor. (Aguilera, 1997).

El producto frito posee una estructura propia. Su parte externa es una superficie que contribuye al impacto visual inicial debido a su tostado, presentando un color entre dorado y pardo, resultante de las reacciones de las proteínas y los azúcares por acción del calor, el pardeamiento no enzimático (Reacción de Maillard) y de los azúcares al sufrir la caramelización, dando lugar a un producto con aspecto agradable. El grado de oscurecimiento del alimento frito depende más del tiempo y la temperatura de fritura en combinación con la composición química del producto, que de la composición del aceite utilizado. Los procesos que ocurren también producen los sabores deseados y dan lugar a una capa crujiente superficial como consecuencia de la deshidratación del alimento durante el proceso. El calor reduce el contenido de humedad de esta capa hasta 3% o menos y la humedad desprendida es la causante del vapor generado durante el proceso. (Lercker & Carrasco, 2000)

El espacio libre que deja el agua que escapa es ocupado por el aceite. La cantidad de aceite absorbido por un alimento depende en gran medida de su contenido de humedad, porosidad y superficie expuesta al aceite de fritura. Esta cantidad es aproximadamente entre el 20 y 40% en base al peso del alimento frito. (Lercker & Carrasco, 2000).

El aceite absorbido le imparte al alimento olor, sabor y color y además favorece la palatabilidad. Si el aceite tiene sabor u olor extraño, el alimento frito lo tendrá, por

experiencias prácticas se conoce que no se deben freír alimentos en un aceite donde fue frito otro producto de sabor totalmente incompatible, por ejemplo, no se freirán papas con un aceite que previamente fue utilizado para freír pescado. (Rioseco, 1999).

Los cambios físicos - químicos que ocurren durante el proceso de fritura estarán determinados por:

- Tipo y características en la calidad del aceite
- Tipo y características del alimento a freír
- Condiciones del proceso de fritura: Temperatura, Tiempo, Presencia de metales, Presencia de oxígeno, Presencia de luz, Presencia de antioxidantes
- Características de la freidora
- Grado y velocidad de renovación del aceite en el transcurso del proceso

Dichos cambios generalmente conllevan al deterioro del aceite por la ocurrencia de procesos de hidrólisis, oxidación y polimerización. Los cambios deseables que se persiguen con la fritura son la mejora en la calidad sensorial y una mayor conservación del producto. También pueden ocurrir cambios indeseables que provocarán afectaciones de los atributos sensoriales y de la calidad sanitaria del producto. (Lercker & Carrasco, 2000).

El proceso de fritura puede realizarse de dos formas:

- 1 Superficial ("Shallow frying"):** Se sumerge en el aceite la superficie del alimento que se desea freír, se realiza normalmente en sartenes o recipientes de poca profundidad y con bajo nivel de aceite, el producto no queda totalmente cubierto por éste. La parte del alimento sumergida se fríe y la que no está en contacto con el aceite se cuece debido al vapor intenso que se va desprendiendo del mismo producto al calentarse.
- 2 Total ("Deepfrying"):** Se sumerge el alimento totalmente en el aceite, se lleva a cabo en freidoras caseras o industriales o en recipiente que contiene un alto nivel de aceite, en todos los casos el producto está totalmente cubierto por el

aceite y la fritura ocurre uniformemente sobre toda la superficie (Alvarez Gil, 2005).

### **2.3.3 PAPAS TIPO FRENCH FRIES**

Las industrias más importantes para papa procesada son aquellas dedicadas a la producción de papa frita en hojuelas (chips), papa prefrita congelada o frita en bastones (o a la francesa – French-Fried).

Las variedades de papas destinadas al procesamiento industrial difieren sustancialmente de aquellas destinadas al consumo fresco, fundamentalmente en sus características fisicoquímicas y organolépticas (Trincheró, Monti, & Ceroli, 2007).

La producción de papas fritas a la francesa requiere de una variedad de papa que permita cortes de entre 70 y 80 mm de largo aproximadamente, que tenga un bajo contenido de humedad, lo cual imparte al producto una adecuada textura y una baja absorción de aceite durante la fritura.

La fritura en aceite es considerada uno de los métodos culinarios más antiguos que se conocen. “La fritura por inmersión consiste básicamente en sumergir el alimento en el aceite caliente” (Mellema, 2003). “Puede ser también definido como un proceso de secado y cocción a través del contacto con el aceite caliente” (Moyano & Pedreschi, 2005).

Cuando se inicia el proceso de fritura la temperatura de la superficie de los alimentos aumenta rápidamente y el agua superficial comienza a hervir. (Mellema, 2003).

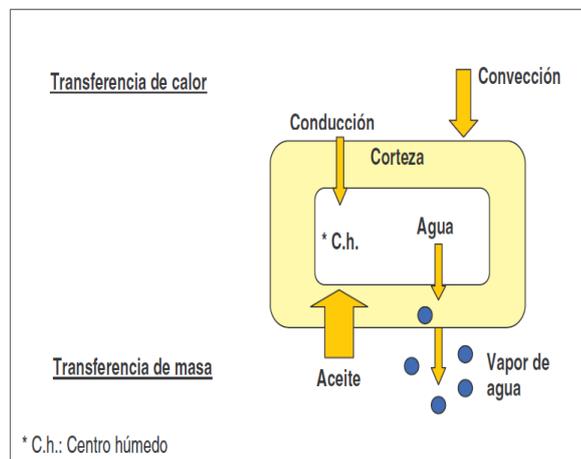
“Las temperaturas de fritura están en el rango de 120°C a 200°C, pero las temperaturas más comunes se encuentran en el rango de 170°C a 190°C” (Bouchon, 2002). Durante la fritura ocurren dos procesos simultáneos uno de transferencia de masa y otro de transferencia de calor en virtud de los cuales se producen cambios microestructurales y fisicoquímicos de los constituyentes del alimento (**Figura 4**). (Pedreschi & Moyano, 2006).

### 2.3.3.1 Conducción de calor

La conducción es la transferencia de calor, por medio de la excitación molecular en el interior del material, sin ningún tipo de movimiento entre los objetos. Si un extremo de una barra de metal está a una temperatura más alta, entonces se transferirá energía hacia el extremo más frío, debido a las colisiones de partículas de alta velocidad con las más lentas, produciéndose una transferencia neta de energía hacia estas últimas. (M Olmo, 2017).

### 2.3.3.2 Convección de calor

La convección es la transferencia de calor por medio del movimiento de una masa fluida, tal como el aire o el agua. Cuando estos se calientan se mueven hacia afuera de la fuente de calor, transportando consigo la energía. La convección por encima de una superficie caliente ocurre porque, cuando se calienta el aire en contacto con la superficie, se expande, se hace menos denso, y se eleva. (M Olmo, 2017).



**Figura 4.** Diagrama esquemático de la transferencia de masa y calor durante el proceso de fritura (Aguilera, 1997)

El contenido final de agua de la papa frita va a depender del proceso de transferencia de calor y de masa explicada como la salida de agua y la absorción de aceite. (Muñoz J. , 2007).

Sobre la base de observaciones visuales, análisis de perfiles de temperatura y datos de humedad, se sugiere que el proceso de fritura está compuesto de cuatro distintas etapas:

1. Calentamiento inicial, dura sólo unos pocos segundos y corresponde al periodo de tiempo en el cual la temperatura superficial alcanza el punto de ebullición del líquido; la transferencia de calor es por convección natural y no ocurre vaporización del agua.
2. Evaporación superficial, la cual se caracteriza por una lenta pérdida de agua, el comienzo de la formación de corteza y un régimen de convección forzada debido a altas turbulencias asociadas a los núcleos de ebullición;
3. Fase de pérdida, la cual es la más larga, en la que la humedad interna abandona el alimento, la temperatura del centro húmedo aumenta hasta el punto de ebullición, la capa de corteza aumenta en espesor y finalmente la transferencia de vapor hacia la superficie disminuye;
4. Punto final del burbujeo, en el cual ya no hay burbujeo notorio del medio de fritura pues la mayoría del agua del alimento se ha eliminado, durante esta etapa el alimento incrementa su color tostado (Bouchon, 2002).

### **2.3.3.3 Diagrama de proceso de fritura**

#### **Descripción del proceso de fritura**

##### **a. Almacenamiento**

Esta primera actividad consta del traslado de la papa a la bodega de almacenamiento, y se procede a verificar su peso en el lugar de producción, se realizan muestreos para garantizar la calidad de la papa.

##### **b. Pesado y selección**

Se selecciona la papa que cumpla con las características de calidad para la realización del producto, observando el tamaño y textura, y se procede a pesar en una balanza de 25 kg con Ap. 0,200 g.

##### **c. Lavado**

Luego de haber seleccionado la papa que cumpla con las condiciones necesarias, se procederá a colocar la papa en recipientes de plástico grandes para ser lavada. Las

papas son completamente lavadas, no sólo por razones higiénicas, sino también para prevenir la suciedad o los granitos de arena.

#### **d. Pelado**

Las ventajas de los peladores por fricción son su sencillez, solidez, y bajo costo. Después de peladas las papas necesitan ser desorilladas a mano para obtener los residuos: la cáscara, las áreas decoloradas, las manchas negras, el material malo y verdoso para que así la papa quede lisa y lista para ser cortada.

#### **e. Cortado o tajeado**

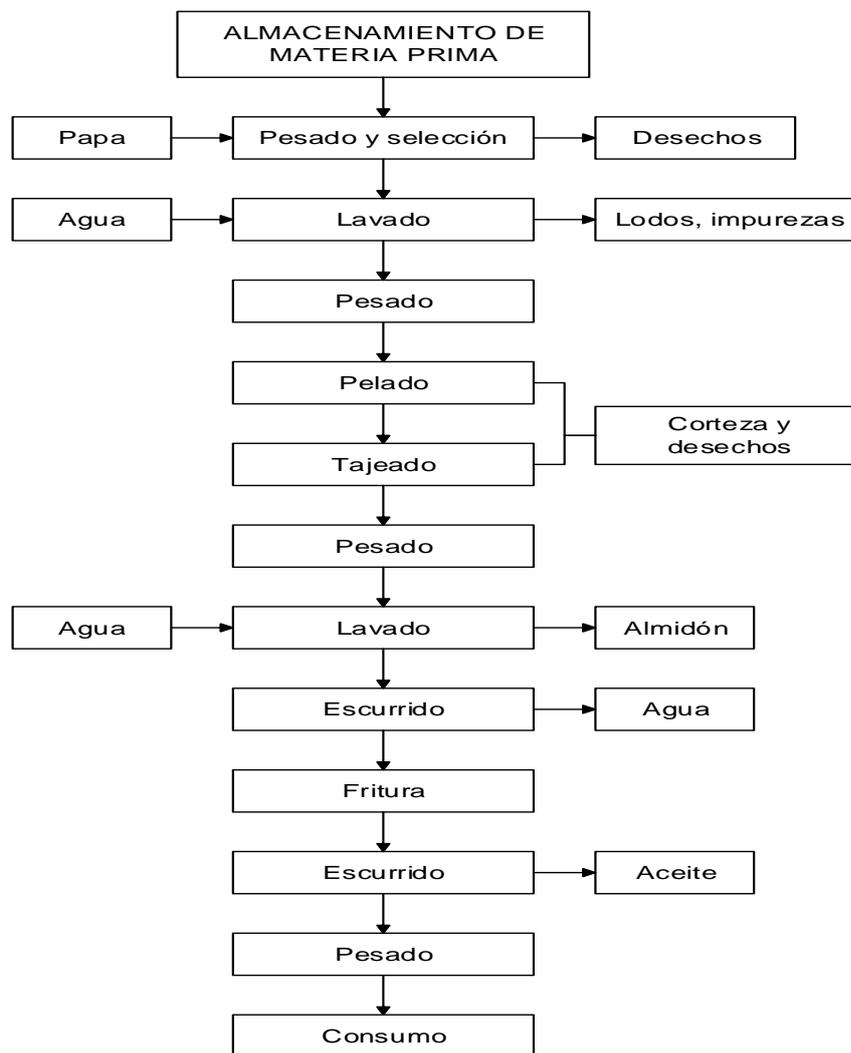
En esta actividad se procederá al tajeado de la papa seleccionada anteriormente con el tamaño y dimensión adecuado y uniforme logrando un producto de calidad, para lo cual se necesitará una picadora de papa.

#### **f. Lavado y escurrido**

Para evitar que impurezas y residuos que hayan quedado en la cortadora contaminen el producto, se lava la papa rebanada o tajeada en tinas grandes con agua. Luego se procede a escurrir las tajadas mediante un colador metálico el cual filtra el agua.

#### **g. Fritura**

Este equipo incluye freidoras calentadas por tuberías de inmersión de gas, así como de unidades suministradas por cambiadores de calor externo. Hay un sistema transportador especial que empuja cualquier rebanada flotante debajo de la superficie del aceite y disminuye su avance hasta que ellos reciban suficiente tratamiento de calor.

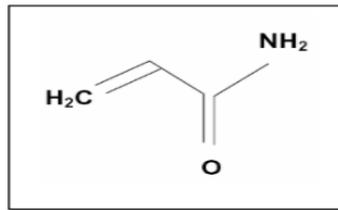


## 2.4 ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS

### 2.4.2 ACRILAMIDA

Es un compuesto orgánico de tipo amida que se puede formar al procesar los alimentos a temperaturas elevadas (especialmente compuestos ricos en almidón como las patatas o los cereales) en casa, en restaurantes o en la industria alimentaria.

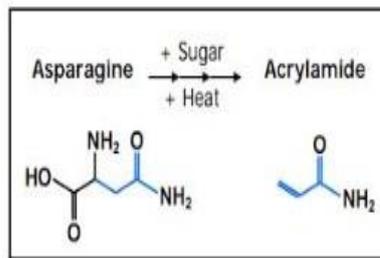
La acrilamida se forma principalmente en los alimentos por la reacción de la asparagina (un aminoácido) con azúcares reductores (particularmente glucosa y fructosa) como parte de la reacción de Maillard, que es la reacción química que “pardea u oscurece” los alimentos (haciéndolos más sabrosos). También puede formarse por medio de reacciones que contienen 3 - aminopropionamida. (AECOSAN, 2017).



**Figura 5.** Acrilamida

### 2.4.3 FORMACIÓN Y DESTINO DE LA ACRILAMIDA

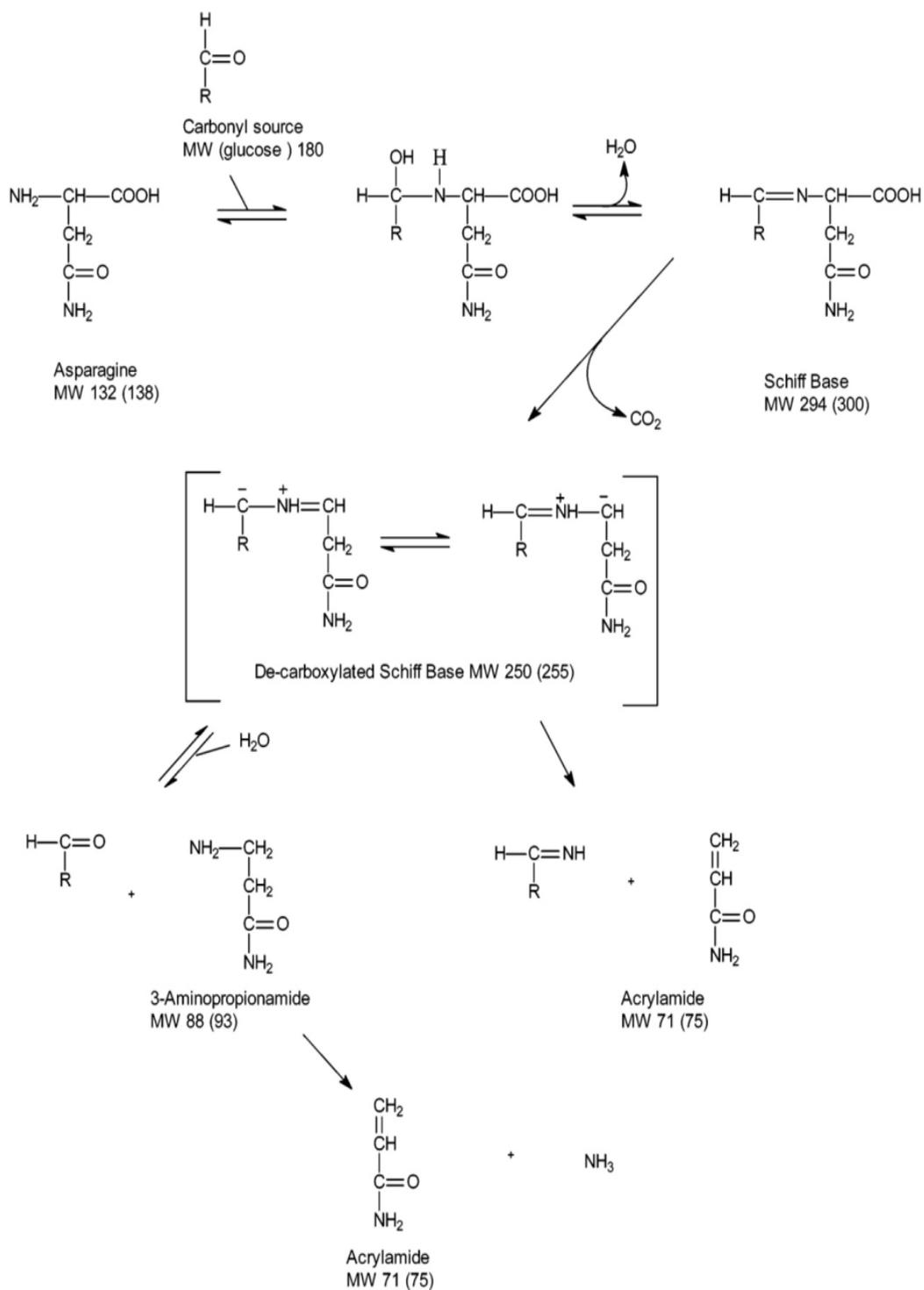
La acrilamida (2- Propenamida) se encuentra en ciertos alimentos que contenían almidón y fueron procesados y cocinados a altas temperaturas (más de 120 °C – fritos, asados); los niveles de acrilamida se incrementaron al aumentar el tiempo de calentamiento, no se detecta acrilamida en alimentos hervidos; la acrilamida es una sustancia reactiva y volátil que puede auto degradarse parcialmente luego de su formación. (AECOSAN, 2017).



**Figura 6.** Molécula de Acrilamida (2-Propenamida)

(Zyzak, et al, 2003)

## 2.4.4 MECANISMO DE FORMACIÓN



**Figura 7.** Mecanismo de formación de la acrilamida en alimentos tratados térmicamente

(Zyzak, et al, 2003)

Recientemente, los investigadores han focalizado sus estudios sobre los posibles mecanismos de formación en los alimentos (Zyzak, y otros, 2003). Algunos grupos han confirmado que la mejor vía de síntesis en alimentos fritos y horneados se genera por la conocida Reacción de Maillard (Coughlin, 2003); (Wedzicha, Dodson, & Mottram, 2002), La figura 7 ilustra este mecanismo de formación.

En el caso de las papas french y chips donde se han encontrado los niveles más altos de acrilamida, se ha postulado que el aminoácido reaccionante es la asparagina presente en cantidad importante en estos alimentos (Wedzicha, Dodson, & Mottram, 2002).

Se ha confirmado por estudios de espectro de masas que los tres átomos de carbono y el átomo de nitrógeno presentes en la acrilamida se derivan de la asparagina. Stadler, et al, (2002) concluyen que al calentar cantidades equimoleculares de asparagina y glucosa a 180°C por 30 minutos se formaron 368  $\mu\text{mol}$  de acrilamida por mol de asparagina. “Otros aminoácidos que producen cantidades menores de acrilamida son: alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, glutamina, metionina, treonina y valina” (Stadler, et al, 2002).

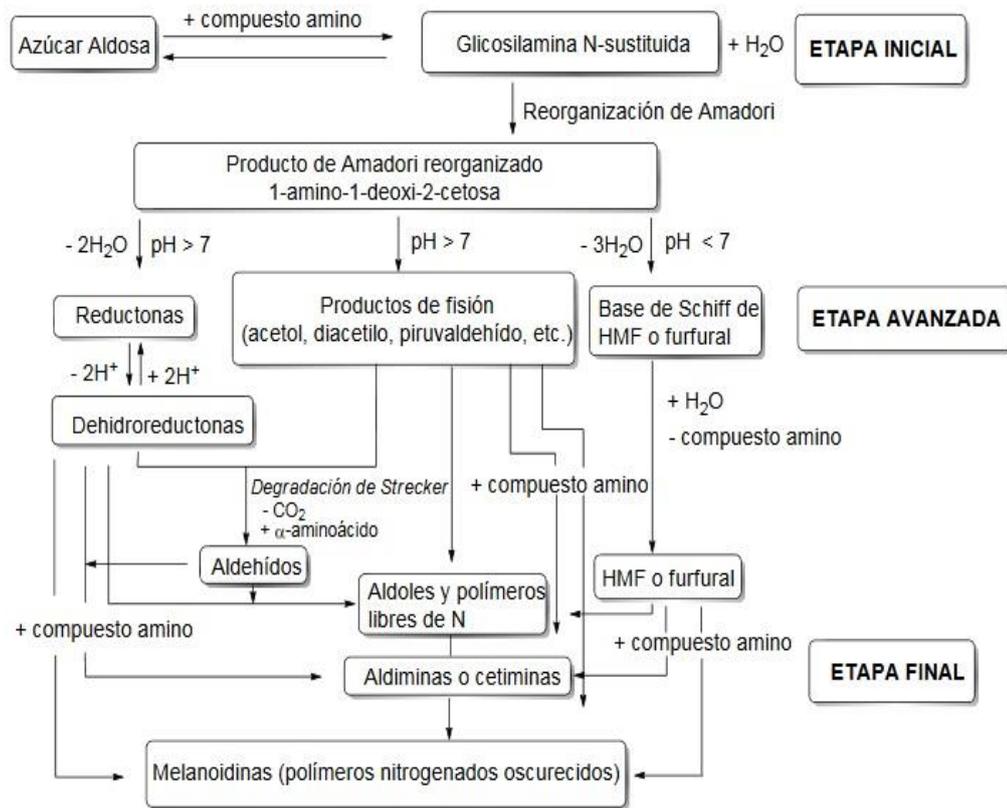
#### **2.4.4.1 Reacción de Maillard**

Para mejor entendimiento de la reacción se ha dividido en etapas las cuales se describen a continuación:

**Etapla inicial:** Comienza con una reacción de condensación entre el grupo carbonilo, normalmente de un azúcar reductor, aunque también puede ser un compuesto carbonílico generado en la etapa intermedia de la reacción de Maillard o procedente de la oxidación lipídica, y un grupo amino libre de un aminoácido, péptido o proteína originándose una base de Schiff (Figura 8). Por ciclación, la base de Schiff se transforma rápidamente en la glicosilamina N - sustituida correspondiente. Cuando la base de Schiff es una aldósilamina N - sustituida, se forma la 1 - amino - 1 - deoxi - 2 - cetosa mediante la denominada reorganización de Amadori, siendo esta etapa irreversible. Sin embargo, cuando la molécula es una cetosilamina - N - sustituida se forma una 2 - amino - 2 - deoxi - 2 - cetosa y se le

conoce como reorganización de Heyns. (Hodge, Dehydrated foods - chemistry of browning reactions in model systems, 1953).

En la figura 9 se indica la existencia de un azúcar reductor y un compuesto aminorado, son reacciones muy complejas que dan lugar a multitud de compuestos algunos de ellos son los responsables de la aparición de colores pardos y marrones en la superficie de determinados alimentos y también da lugar a compuestos de muy bajo peso molecular que tienen influencia sobre el aroma, los factores que influyen en la reacción de Maillard se encuentra fundamentalmente la temperatura alta promueve y favorece que se desarrollen este tipo de reacciones.

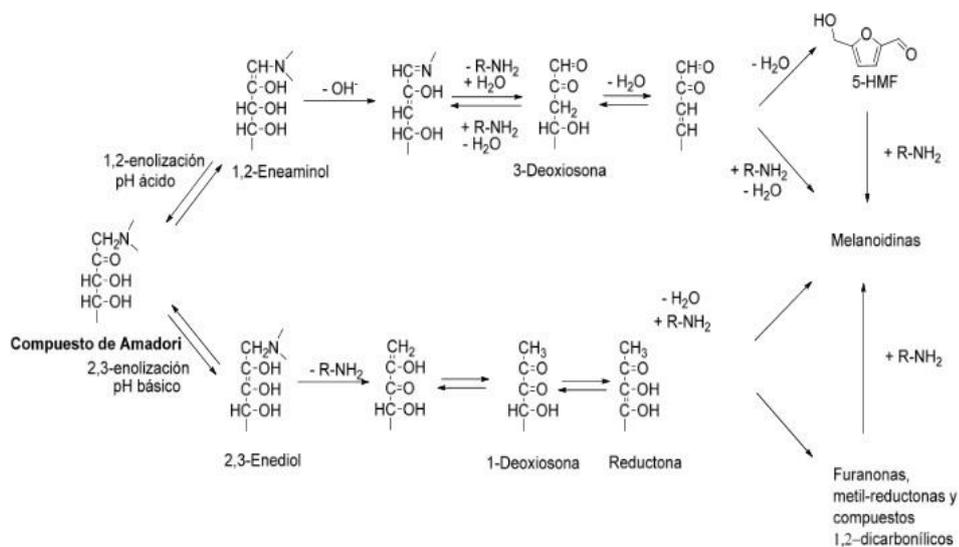


**Figura 8.** Esquema de la reacción de Maillard (Hodge, 1953; Zhang y Zhang, 2007).

**Etapa avanzada:** Los productos de Amadori y Heyns se descomponen dependiendo del pH, la actividad de agua, la presencia de metales divalentes o la temperatura, dando lugar a la formación de diferentes compuestos intermedios responsables del aroma que caracterizan a los alimentos cocinados. A pH neutro o ligeramente ácido, y en condiciones de baja actividad de agua, la reacción

predominante es una enolización - 1,2 que da lugar a la formación de furfural cuando el azúcar reductor implicado es una pentosa o hidroximetilfurfural en el caso de una hexosa. Por el contrario, a pH básicos tiene lugar una enolización - 2,3 formándose reductonas y una variedad de productos de fisión tales como acetol, piruvaldehído y diacetilo, todos ellos de gran reactividad, lo que hace que participen en nuevas reacciones con otros productos intermedios de la reacción (Figura 9). (Hodge, 1967).

En la figura 9 se indica la enolización 1,2 que es la deshidratación de los azúcares, que ocurren en condiciones ligeramente ácidas a pH neutro, los cuales forman compuestos dicarbonílicos altamente reactivos. La 2,3 ocurre en condiciones alcalinas, cuando la amina unida al glucido es muy básica pH 7, esta se elimina por catalisis básica formando dicarbonilos reactivos.



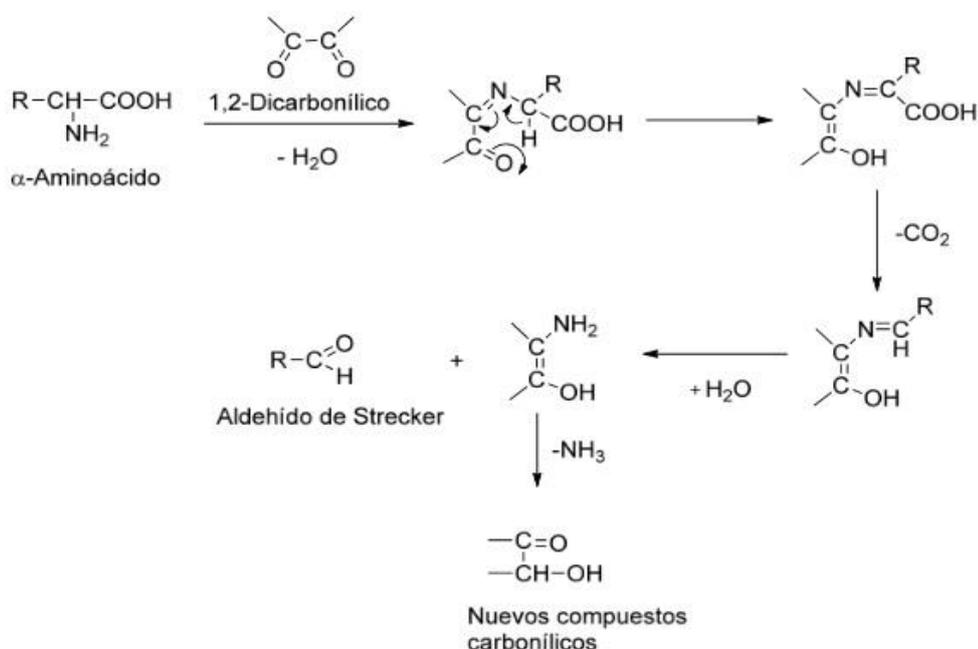
**Figura 9.** Esquema de las reacciones de enolización 1,2 y 2,3 dependiendo del pH (Hodge, 1967).

El producto de Amadori puede degradarse también vía oxidativa hacia compuestos carbonílicos (ruta de Namiki). Los compuestos dicarbonílicos producidos, mediante la degradación de Strecker (Figura 10) pueden reaccionar con aminoácidos y dar lugar a la formación de aldehídos con un carbono menos,  $\alpha$ -aminocetonas, y eliminación de  $\text{CO}_2$ . Estos aldehídos también juegan un papel importante en el aroma y sabor de los alimentos cocinados.

**Etapla final:** Engloba un gran número de reacciones que incluyen ciclaciones, deshidrataciones, reorganizaciones y condensaciones originando dos clases diferentes de compuestos: los compuestos aromáticos volátiles, siguiendo la vía paralela de Strecker, y las melanoidinas.

Las melanoidinas son polímeros coloreados producidos por reacciones de condensación de compuestos con grupos amino procedentes de las etapas intermedias de la reacción de Maillard como pirroles N - sustituidos, 2 - formilpirroles N - sustituidos, y 2 - furaldehído. La estructura de las melanoidinas varía dependiendo de las condiciones en las que haya tenido lugar la reacción, así como del tipo de alimento, además, poseen menor solubilidad. (Morales , Somoza , & Fogliano, 2012).

En la figura 10 se indica que los compuestos  $\alpha$ -dicarbonílicos que resultan de la descomposición de cetosaminas, pueden reaccionar con un aminoácido y producir su degradación dando como resultado  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , aldehídos con carbono menores al de origen y nuevos carbonilos altamente reactivos.



**Figura 10.** Degradación de Strecker (Ames , 1992)

#### **2.4.4.2 Toxicidad**

La neurotoxicidad es un factor no-cancerígeno, no-genotóxico más importante que presenta la ingesta de acrilamida en humanos y en animales. Exposiciones a altas dosis de esta sustancia en humanos y animales inducen cambios en el sistema nervioso central (SNC). Se han reconocido también efectos sobre la fertilidad en animales. Debido a la falta de datos la evaluación del riesgo fue realizada basada en datos de estudios sobre roedores y sustentada por estudios de neuropatía por acrilamida en primates.

La FAO / OMS en estudios acerca de los efectos sobre la salud de la acrilamida en los alimentos, concluyo que el parámetro de no - presencia de efectos adversos (No Observed Adverse Effect level - NOAEL) para la neuropatía producida por acrilamida es 0,5 mg/kg de peso/día. El NOAEL para cambios en fertilidad es cuatro veces mayor. La junta FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) / OMS (Organización Mundial de la Salud) reconoció que la presencia de acrilamida en los alimentos es un asunto de suma importancia en los humanos, ya que tiene la habilidad de inducir cáncer y mutaciones hereditables en animales de laboratorio. La International Agency for Research on Cancer (IARC) clasifico a la acrilamida como un “probable carcinógeno en humanos (Grupo 2A)” (Godnic, 2014)

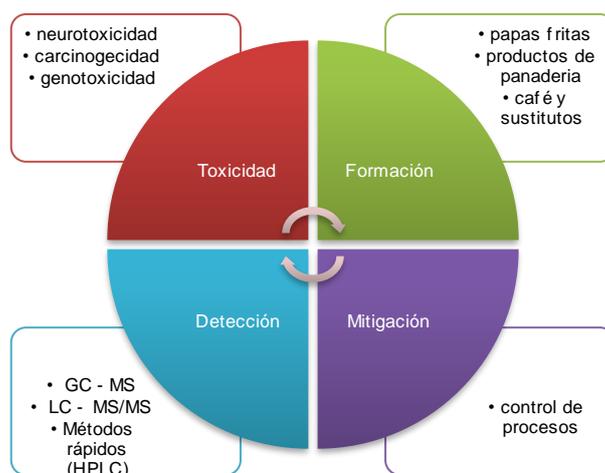
La ingesta crónica promedio estimada en humanos está en el orden de 0.0001 mg/kg de peso/día. Esto provee un margen entre exposición y el NOAEL de 0,5 mg/kg. La acrilamida es genotóxica in vivo células somáticas y germinales, por esto tiene el potencial de inducir daños hereditables a nivel de los genes y el cromosoma. (Stadler, y otros, 2002). Esta sustancia, presenta un potencial carcinogénico en ratas similar al de otros carcinógenos presentes en los alimentos, pero los niveles de ingesta de acrilamida son probablemente mayores.

Estudios in vitro con células de mamífero en cultivo de ratas y ratones, han demostrado que la administración prolongada de acrilamida daña el material genético de las células y en ratas induce tumores. Debido a que no es posible

determinar un nivel de exposición se debe asumir que, aunque los niveles de exposición sean muy bajos producen riesgos para la salud.

Existen estudios que pretenden establecer una asociación entre exposición de trabajadores a la acrilamida en fábricas y muertes por cáncer, sin embargo, los estudios no han sido concluyentes y no se ha logrado demostrar con claridad una causalidad directa del aumento de muertes por cáncer en los trabajadores expuestos. En conjunto, y considerando toda la información relevante disponible, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha catalogado a la acrilamida como «probable carcinogénico para los humanos» (clase 2A). Se dispone de información que demuestra que la acrilamida produce lesiones del sistema nervioso en los humanos en forma de neuropatía periférica. Los estudios se han realizado principalmente en trabajadores expuestos a través del aire respirado por la piel y no es posible valorar en qué forma este nivel de exposición es comparable a la exposición potencial por la alimentación.

La información disponible en la actualidad es insuficiente para hacer estimaciones sobre la ingesta total de acrilamida a través de la alimentación. Los estudios suecos indicaban que la ingesta podría ser de hasta 100 microgramos por día, lo que equivale aproximadamente a 1.7 microgramos por Kg. de peso corporal/ día, más de mil veces menor que las dosis que causaban efectos sobre el sistema nerviosos o reproductor en los estudios con animales.



**Figura 11.** Investigaciones recientes sobre acrilamida en alimentos procesados térmicamente. (ELSEVIER, 2015)

#### **2.4.5 EXPOSICIÓN DIETARIA Y NIVELES DE ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS**

Después de los primeros hallazgos de acrilamida en alimentos cocinados de alto contenido de almidón como son las papas fritas, las investigaciones se centraron en buscar acrilamida en otro tipo de alimentos. Los resultados de estos estudios establecieron que la acrilamida se producía en distintos alimentos de acuerdo a su origen y composición y al modo de preparación. Dentro de éstos destacan el pan, pastas, arroz, salsas, carnes, galletas, cereales, cerveza, pizza y productos a base de papas, maíz y harina. Se ha reportado una concentración promedio de acrilamida en papas horneadas de 1000 µg/kg y en papas fritas de 500 µg/kg. Otro grupo de alimentos que produce niveles importantes de acrilamida son los derivados de cereales, galletas y palomitas de maíz. (Muñoz J. , 2007).

La acrilamida se forma probablemente en muchos alimentos, pero no todos han sido estudiados. La cantidad a la que el consumidor está expuesto está relacionada con los niveles presentes en el alimento y la cantidad de alimento consumida. Los alimentos que no son fritos no contienen cantidades apreciables de acrilamida (crudos o cocidos en agua). En un estudio en el que participaron 1200 personas entre 17-70 años se registró el consumo de alimentos por una semana y se estimó una exposición a acrilamida de 25 µg/día (siendo la ingesta máxima seis veces mayor). Dentro de los alimentos que contribuían a estos niveles de exposición destacaban los productos de la papa con un 36%, pan 16%, galletas 5%, cereales 3% y otros con un 40%. Un tema interesante de abordar es el que tiene relación con los niveles de exposición a acrilamida en los alimentos de acuerdo a la edad del individuo, aunque aún no se ha podido establecer una diferencia etérea significativa. En la tabla 4 se muestra los niveles de acrilamida promedio en distintos alimentos obtenidos por grupos de investigadores de varios países. (Valenzuela B & Ronco M, SciElo, 2007).

**Tabla 4.** Concentraciones de Acrilamida en los alimentos

<b>CONCENTRACIONES DE ACRILAMIDA EN DISTINTOS ALIMENTOS</b>				
Alimento/Producto Grupo	Promedio	Niveles de Acrilamida ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		N.º de muestras analizadas
		Mediana	Mínimo - Máximo	
Crips, papas/camote	1312	1343	170 – 2287	28
Chips, papas	537	330	<50 – 3500	29
Productos a base de mantequilla	36	36	<30 – 42	2
Productos de repostería	112	<50	<50 – 450	19
Galletas, tostadas, críps	423	142	<30 – 3200	58
Cereales	298	150	<30 – 1346	29
Crips, maíz	218	167	34 – 416	7
Pan	50	30	<30 – 162	41
Productos desmenuzados batidos a base de pescados y productos del mar	35	35	30 – 39	4
Productos desmenuzados batidos a base de pollo	52	52	39- 64	2
Bebidas instantáneas de malta	50	50	<50 – 70	3
Chocolate en polvo	75	75	<50 – 100	2
Café en polvo	200	200	170 – 230	3
Cerveza	<30	<30	<30	1

Fuente: (Valenzuela & Ronco, 2007)

#### **2.4.6 INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS DE COCCIÓN DE ALIMENTOS**

Una causa importante en la formación de acrilamida es la temperatura de cocción; la formación de acrilamida es creciente a medida que aumenta la temperatura. Temperaturas y regímenes de cocción sobre los 175 °C aumentan

significativamente la formación de acrilamida, por lo que se sugiere no sobrepasar los 120 °C (Pedreschi & Moyano, 2006). La presencia de acrilamida es fácilmente detectable cuando un aminoácido precursor en presencia de glucosa procedente de almidón se somete a una temperatura superior a 175 °C, especialmente cuando la temperatura sobrepasa los 200 °C. Por el contrario, a temperaturas bajo 120 °C no se detecta acrilamida. La disminución del tiempo de cocción también reduce la formación de acrilamida; se evita el ennegrecimiento. Los principales alimentos en los que aumentan los niveles de acrilamida como consecuencia del ennegrecimiento por la cocción son papas, cereales y café.

## **2.5 ACEITE PARA FRITURA**

Durante el proceso de fritura, se utiliza aceite con el propósito de transferir rápidamente el calor al producto alimenticio para su cocción, eliminar la humedad excesiva y obtener así la apariencia, el sabor, la textura y el aroma característicos. El aceite para freír es parte de la comida frita que consumimos. Esto significa que la calidad de los alimentos fritos se ve afectada por las características del aceite utilizado durante la fritura. (Franco, 2011).

Más allá de la transferencia de calor, la fritura confiere a los alimentos otros atributos que no se consiguen con otros medios de cocción. Estos son: el dorado y la textura crocante de la superficie, una agradable sensación en la boca y el efecto lubricante que se obtiene debido al aceite retenido por el alimento. Adicionalmente, el calor transferido favorece la inactivación de enzimas y la eliminación de microorganismos. (Lercker & Carrasco, 2000).

### **2.5.2 CAMBIOS DETECTABLES EN LOS ACEITES DE FRITURA**

Durante la fritura el aceite es sometido a temperaturas elevadas cercanas a los 180 o 190 °C en presencia de aire y humedad. Bajo estas condiciones se produce un número de reacciones que incluyen oxidación, hidrólisis y degradación térmica.

La oxidación de lípidos se produce debido a la naturaleza insaturada de los aceites.

Los compuestos derivados de las distintas reacciones de deterioro cambian el sabor de los aceites de fritura y contribuyen significativamente al sabor en los alimentos

fritos. Se generan cambios físicos en la grasa tales como oscurecimiento, incremento de la viscosidad, disminución del punto de humo además de otros cambios químicos. (Franco, 2011).

La estabilidad de una grasa o aceite depende de:

- **El nivel de insaturación:** a mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, menor estabilidad.
- **La temperatura de fritura:** se reduce la estabilidad a medida que aumenta la temperatura de trabajo.
- **Exposición al aire:** a mayor exposición se favorece la oxidación,
- **Trazas de metal:** a mayor nivel, mayor susceptibilidad a la oxidación.

## **2.6 ACEITE DE PALMA**

### **2.6.2 GENERALIDADES DEL ACEITE DE PALMA**

El aceite de palma se extrae del mesocarpio del fruto de la semilla de la palma africana (*Elaeis guineensis jacq*) a través de procedimientos mecánicos está constituido por una mezcla de ésteres de glicerol (triglicéridos) y es fuente natural de carotenos y vitamina E. Gracias a su versatilidad, dada por su composición de ácidos grasos saturados e insaturados y su aporte nutricional, el aceite de palma y las fracciones líquida (oleína) y sólida (estearina) son empleadas en la elaboración de mezclas de aceites y margarinas para mesa y cocina, grasas de repostería y confitería, entre otras.

### **2.6.3 PARÁMETROS DE CALIDAD Y REQUISITOS DE IDENTIFICACIÓN DEL ACEITE DE PALMA CRUDO**

Los antioxidantes también son de gran importancia en la estabilidad del aceite, pues inciden en las propiedades del producto desde el momento mismo de la cosecha y el procesamiento, hasta la formulación de los productos finales. Esto es así porque actúan inhibiendo o retardando el proceso de peroxidación lipídica sobre los ácidos grasos insaturados, durante el cual se hidroliza el enlace éster de los triglicéridos y se liberan ácidos grasos que generan peróxidos e hidroperóxidos, principales responsables de cambios en las características organolépticas del producto.

Los factores que tienen mayor incidencia en el deterioro oxidativo del aceite de palma crudo durante su extracción y almacenamiento son: la presencia de trazas de metales como hierro y cobre, el sobre calentamiento del aceite en presencia de oxígeno, la exposición directa a la luz solar, y un alto contenido de clorofila proveniente de racimos inmaduros, los cuales impactan directamente sobre la calidad del aceite (Delgado, 2004).

Aparte de las cualidades intrínsecas del aceite de palma, como su alto contenido de antioxidantes naturales y oxidación mínima, las industrias de refinación de aceites y grasas buscan otras, como bajo contenido de ácidos grasos libres (AGL), de humedad e impurezas, y buena blanqueabilidad. La razón es que un aceite con tales características permite obtener productos inodoros e incoloros bajo condiciones moderadas de operación.

El aceite de palma tiene un punto de humo que ronda los 230 °C. (Salgado, 2017).

#### **2.6.4 CAMBIOS DE FASES Y CONDICIONES CRÍTICAS DEL ACEITE DE PALMA**

A temperatura ambiente, las fases presentes en el aceite de palma son la sólida y líquida, debido a su alto punto de fusión (34–40 °C), lo que conlleva a implementar sistemas de calentamiento durante su transporte y almacenamiento para mantenerlo en estado líquido. La temperatura de almacenamiento del aceite de palma oscila entre 40-50 °C, valor superior cuando se compara con los aceites de oliva, soya y girasol, los cuales pueden almacenarse a temperatura ambiente. Los sistemas de calentamiento comúnmente utilizados son intercambiadores de calor provistos de un control de temperatura por el cual se evitan aumentos superiores a 5 °C en 24 horas.

Respecto a la temperatura de ebullición, el aceite de palma presenta un valor de 371 °C, superior a otros aceites como el de soya (257 °C), maíz (246 °C) y oliva (191 °C), lo que le confiere la ventaja de resistir mayores temperaturas de tratamiento y uso antes de evaporarse, como es en el caso de frituras en la industria de los alimentos.

Tal propiedad está directamente relacionada con la presión de vapor de la sustancia. No obstante, con los equipos existentes en la actualidad no es posible evaporar el aceite a temperatura ambiente, dado que la presión necesaria para hacerlo llegaría a ser muy baja (-2765 MPa). Para el aceite de palma, el método de Joback fue el empleado para obtener los valores críticos de 984,98 °C para la temperatura, 2,69 bares para la presión y 2,9635 m<sup>3</sup>/kmol para el volumen. (Fedepalma, 1986).

Tanto para el procesamiento como para el consumo del aceite de palma es necesario en algunas ocasiones mezclarlo con otras sustancias y por tanto es de gran importancia determinar su solubilidad en las mismas. Por su baja polaridad (debido a la gran cantidad de hidrocarburos de larga cadena y pocos grupos polares), el aceite de palma no es soluble en sustancias polares como el agua y el glicerol, más, sin embargo, en bajas proporciones (<0,3% en peso) es soluble en metanol. Por el contrario, el aceite de palma es soluble en sustancias de baja polaridad como es el caso de ésteres metílicos y por ende en solventes apolares como dietil éter, cloroformo, benceno, tolueno, xileno, cetonas, hexano, ciclo hexano y tetra cloruro (Rincon & Martinez, 2009).

### 2.6.5 VALOR NUTRICIONAL DEL ACEITE DE PALMA

Es indispensable ya que brinda una fuente de energía y vitaminas que requieren el organismo para desarrollar todas las actividades físicas e intelectuales, las cuales aportan al organismo vitaminas A y E. (EL TIEMPO, 2003).

La proporción de ácidos grasos del aceite de palma en 100g es:

**Tabla 5.** Valor nutricional aceite de palma

Ácidos	cantidad g.
Ácido graso monoinsaturado oleico.	36.6 g
Ácido graso monoinsaturado palmitoleico.	0.3 g
Ácido graso saturado mirístico.	1 g
Ácido graso saturado palmítico.	43.5 g
Ácido graso saturado esteárico.	4.3 g
Ácido graso poliinsaturado linoleico.	9.1 g
Ácido graso poliinsaturado linolénico.	0.2 g

**Fuente:** (El Aceite de Palma, s.f.)

El porcentaje para saber la cantidad total de ácidos grasos de cada clase del aceite de palma:

- Ácidos grasos saturados (AGS). 49.3 g
- Ácidos grasos monoinsaturados (AGM). 37 g
- Ácidos grasos poliinsaturados (AGP). 9.3 g

(El Aceite de Palma, s.f.)

## **2.7 ACEITE DE GIRASOL**

### **2.7.2 GENERALIDADES DEL ACEITE DE GIRASOL**

El aceite de girasol es la grasa procedente de la semilla del girasol (*Helianthus annuus*), una planta originaria de América, dentro de los aceites vegetales cobran gran interés el de girasol, debido al alto contenido de ácidos grasos no saturados; además, prácticamente no contiene ácido linolénico, y sus ácidos grasos no saturados están representados en gran parte por los ácidos oleicos y linoleicos; pertenece el aceite a las denominadas semisecantes, contando con índice de yodo que oscila entre 120 y 140, siendo de color amarillo claro, sabor dulce y olor agradable. Además, contiene los ácidos grasos oleico, palmítico y esteárico. (Cortiza Penichet, 2008).

### **2.7.3 PARÁMETROS DE CALIDAD Y REQUISITOS DE IDENTIFICACIÓN DEL ACEITE DE GIRASOL CRUDO**

Su contenido en ácidos grasos saturados es muy bajo, no alcanzando niveles del 10%, lo cual es beneficioso para la salud del consumidor de este tipo de aceite. A nivel de monoinsaturados, puede llegar a contener entre un 10% y un 40% de ácido oleico. Debido al alto contenido de ácidos linoleico que el organismo humano no sintetiza, es de un elevado valor nutritivo. Este aceite contiene también provitaminas y vitaminas liposolubles como la A (de acción conservador a del lípido), la D y la E, esta última con propiedades antioxidantes. (Cortiza Penichet, 2008).

Por tanto, consumiéndolo obtendremos todos los beneficios que este ácido graso esencial nos aporta, como la disminución de los niveles de colesterol. El aceite de

girasol es el segundo aceite más rico en vitamina E, después del germen de trigo, con lo que nos aporta más efecto antioxidante y menor enranciamiento (Botanical, 1999).

Tiene un sabor y olor neutros, lo cual, además de no interferir ni modificar en el sabor de los alimentos, lo hace más fácilmente tolerable para las personas que no les agrada el sabor de un aceite intenso.

El aceite de girasol tiene un punto de humo que ronda los 246 °C. (Salgado, 2017).

#### **2.7.4 CAMBIOS DE FASES Y CONDICIONES CRÍTICAS DEL ACEITE DE GIRASOL**

El aceite de girasol, conviene no calentarlo en exceso si se emplea en la fritura ya que no es aconsejable utilizarlos más de dos o tres veces para freír alimentos. (EcuRed, s.f.).

En nuestro cuerpo las grasas poliinsaturadas producen los siguientes efectos cardioprotectores: reducen los niveles de colesterol total y otras grasas llamadas triglicéridos en la sangre, disminuyen el riesgo de formación de coágulos sanguíneos (trombosis y accidentes vasculares) al disminuir la agregación plaquetaria y producen vasodilatación, es decir, aumentan el diámetro de los vasos sanguíneos. La vitamina E es un antioxidante natural que contribuye a evitar la oxidación de las células del organismo y a protegernos de la acción de los radicales libres. Esto se traduce en un menor riesgo de padecer enfermedades degenerativas como la arterioesclerosis y ciertos tipos de cáncer. (Cortiza Penichet, 2008).

Existe en la actualidad un aceite de girasol rico en ácido oleico, que procede de semillas especiales y cuya composición se asemeja a la del aceite de oliva. Las ventajas de este nuevo aceite es que resiste mejor las temperaturas que se generan al freír alimentos y se descompone más lentamente, pudiendo reutilizarse más veces, siempre y cuando se filtre adecuadamente.

Si se comparan con el resto de aceites de semillas (girasol, maíz o soja), los ricos en ácido oleico ofrecen interesantes ventajas a la hora de utilizarlos en la cocina. Son los más adecuados para cocinar, ya que resisten mejor que los otros aceites temperaturas de hasta 180-200° C, que son las que se producen al freír; son más

estables y se descomponen de una manera más lenta; e impregnan menos de grasa al alimento, el alimento frito en este aceite absorbe menos grasa y, en consecuencia, será menos calórico, es muy poco ácido, máximo 0,2 y con un contenido de ácido oleico entre el 15% al 20%.

Teniendo en cuenta la estabilidad de los antioxidantes naturales presentes en el aceite, se recomienda que la temperatura en la etapa de desodorizado sea la menor posible de 220 a 240 °C por un tiempo mayor o igual a 40 minutos a una presión de 2 a 4 bares. En el caso de aceite de girasol alto esteárico, alto oleico se permite una temperatura de transporte de hasta 45°C para evitar la cristalización

### 2.7.5 VALOR NUTRICIONAL DEL ACEITE DE GIRASOL

Tiene una gran cantidad de vitamina E, 49,2 mg por cada 100g de aceite de girasol. Al tener alta cantidad de esta vitamina lo convierte en un poderoso antiinflamatorio además es muy beneficioso para la salud cardiovascular por los tipos de ácidos grasos que contiene. (Sandua Macaya, 2018).

La proporción de ácidos grasos del aceite de girasol en 100g es:

**Tabla 6.** Valor nutricional aceite de girasol

Ácidos	cantidad g.
Ácido graso monoinsaturado oleico	24.9 g
Ácido graso monoinsaturado palmitoleico	0.095g
Ácido graso saturado mirístico	0.061g
Ácido graso saturado palmítico	6.1g
Ácido graso saturado esteárico	4g
Ácido graso poliinsaturado linoleico	62.21g
Ácido graso poliinsaturado linolénico	0.061g

**Fuente:** (El Aceite de Girasol, s.f.)

El porcentaje para saber la cantidad total de ácidos grasos de cada clase del aceite de girasol:

- Ácidos grasos saturados (AGS). 12.3g
- Ácidos grasos monoinsaturados (AGM). 25.15g
- Ácidos grasos poliinsaturados (AGP). 62.3g

(El Aceite de Girasol, s.f.)

## **2.8 MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE ACRILAMIDA**

Dentro de los métodos de análisis para determinar acrilamida están HPLC, HPLC con detección de UV y GC los mismos que según OMS, 2003 tienen un límite de detección de 0,2 µg/L, 10 µg/L y 0,032 µg/L respectivamente; se optó por el método aplicado por el instituto de Ciencia y tecnología de los Alimentos de la Universidad Austral de Chile modificado por los Laboratorios de la UTN Ibarra Ecuador.

La metodología se basa en la extracción del tóxico en un sustrato acuoso y su posterior cuantificación por cromatografía líquida de alta performance (CLAP).

La etapa de extracción cuenta con pasos de homogeneización, agitación en caliente, decantación a 4 ° C y centrifugación.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MÉTODOS**

##### **3.1.1 MÉTODO ANALÍTICO**

Según (Méndez, 1995) manifiesta que: “El método analítico es un proceso de conocimiento que se inicia por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad. De esta manera se establece la relación causa-efecto entre los elementos que componen el objeto de la investigación”.

Se analizó las características y cualidades de la materia prima: PAPA (*Solanum tuberosum*) Variedad de Diacol-Capiro y los dos tipos de ACEITE Palma y de Girasol, hasta el producto final (papa frita tipo bastón)

#### **3.2 LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La investigación se realizó en las instalaciones de los laboratorios de gastronomía de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad Técnica del Norte y los análisis se realizaron en los laboratorios de análisis físico – químicos y microbiológicos de la Universidad Técnica del Norte. A continuación, en la tabla 7 se describe las características del sitio, y en la imagen uno se detalla la ubicación geográfica donde se realizó el experimento.

Tabla 7. Ubicación del experimento

UBICACIÓN	
PROVINCIA	IMBABURA
CANTÓN	IBARRA
PARROQUIA	EL SAGRARIO
ALTITUD	2239 m.s.n.m
HUMEDAD RELATIVA	73.9%
TEMPERATURA MA.	18.4°C
PRECIPITACIÓN MA.	612 mm/año
LATITUD N	10040258
LONGITUD W	82°07'82"

Fuente: (Laboratorio de Geomática, 2018)

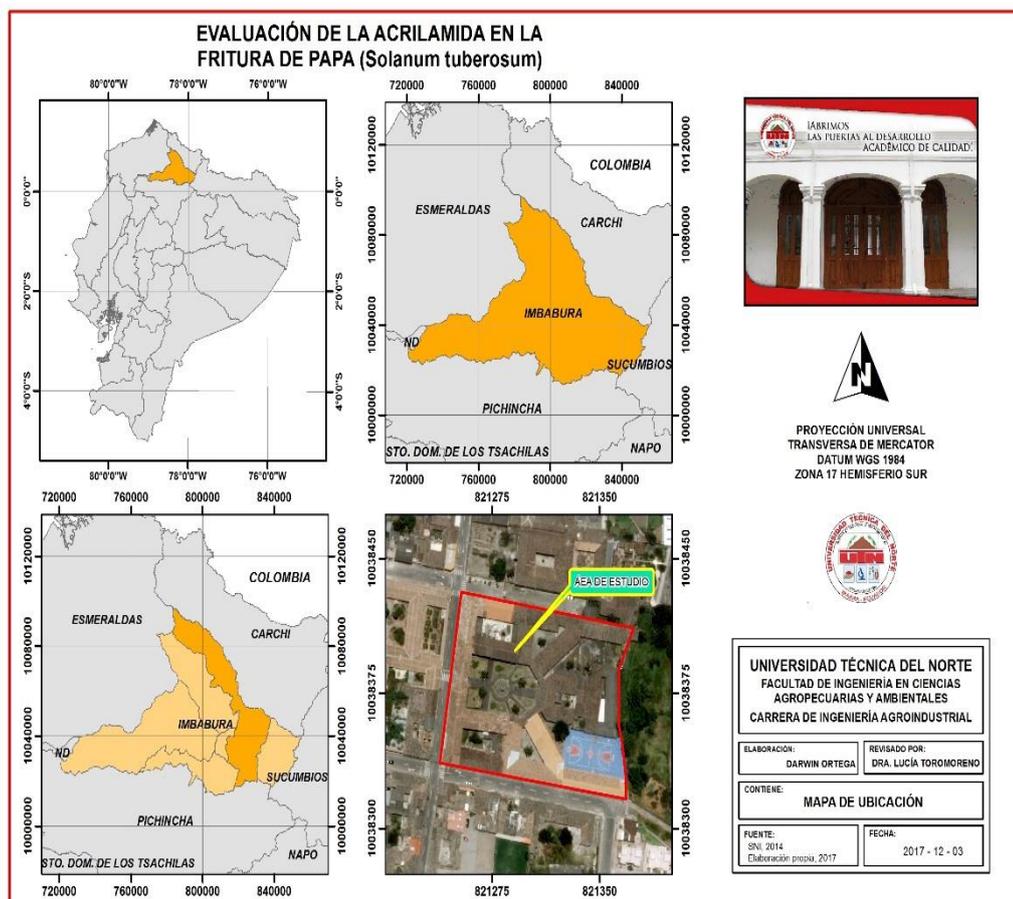


Imagen 1. Ubicación geográfica del experimento

## **3.3 TÉCNICAS**

### **3.3.1 DE LABORATORIO**

Con este tipo de investigación se pudo cuantificar y cualificar los indicadores en cada una de las etapas del proyecto ya que se utilizó técnicas gravimétricas, volumétricas e instrumentales, permitiendo ser controladas por el investigador dentro del lugar de trabajo, lo que permitió seleccionar el mejor tratamiento en cada una de las etapas, el mismo que sirvió para continuar desarrollando el tema propuesto.

## **3.4 MATERIALES Y EQUIPO DE TRABAJO**

### **3.4.1 MATERIA PRIMA**

- PAPA (*Solanum tuberosum*):
  - ✓ Variedad Diacol-Capiro
  - ✓ Aceite de Palma
  - ✓ Aceite de Girasol

### **3.4.2 EQUIPO**

- Agitador
- Balanza digital. Cap. 3000 g
- HPLC (High Performance Liquid Chromatography)
- Colador metálico
- Cuchillos
- Pelador de papa
- Picadora de papa
- Recipientes metálicos
- Recipientes de plástico

## 3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

### 3.5.1 PRIMER DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un DCA (Diseño completamente al azar), con ocho tratamientos, tres repeticiones con un arreglo factorial  $A \times B + 2$ , donde A corresponde a la mezcla de dos tipos de Aceite de Palma y de Girasol, B corresponde a Temperatura de fritura de la papa (*Solanum tuberosum*) tipo bastón Diacol – Capiro, el testigo uno corresponde al aceite de palma al 100% y el testigo dos corresponde al aceite de girasol al 100%.

#### Factor A

% de los tipos de ACEITE Palma y de Girasol:

- **A1:** aceite de palma 30% + aceite de girasol 70%
- **A2:** aceite de palma 50% + aceite de girasol 50%
- **A3:** aceite de palma 70% + aceite de girasol 30%

#### Factor B

TEMPERATURA de fritura de la papa (*Solanum tuberosum*):

- **B1:** 120 °C
- **B2:** 180 °C

Se consideró dos testigos para la investigación siendo los siguientes:

#### Testigo

- **T1:** aceite de palma 100% a 120 °C
- **T2:** aceite de girasol 100% a 120 °C

#### 3.5.1.1 Numero de tratamientos

Los tratamientos resultantes del arreglo factorial  $A \times B + 2$  los cuales se encuentran en la tabla 8 organizado por un número de tratamientos, la combinación factorial y su simbología.

**Tabla 8.** Tratamientos del arreglo factorial A x B + 2

N.º	SIMBOLOGÍA DE LOS TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS	Combinación Factorial
1	T 1	A1B1	Aceite de palma 30% + aceite de girasol 70% + 120 °C
2	T 2	A1B2	Aceite de palma 30% + aceite de girasol 70% + 180 °C
3	T 3	A2B1	Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 120 °C
4	T 4	A2B2	Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 180 °C
5	T 5	A3B1	Aceite de palma 70% + aceite de girasol 30% + 120 °C
6	T 6	A3B2	Aceite de palma 70% + aceite de girasol 30% + 180 °C
7	T7	Testigo 1	Aceite de palma 100 % + 120 °C
8	T8	Testigo 2	Aceite de girasol 100 % + 120 °C

**Elaborado por:** Darwin Fernando Ortega Gutiérrez, 2018

### **3.5.1.2 Características del experimento**

Se realizó un arreglo factorial A x B + 2 con tres repeticiones, seis tratamientos y 24 unidades experimentales con un total de 7930 g de papa, el peso de la unidad experimental es de 210 g y un volumen de 500 ml de aceite usado en fritura.

### **3.5.1.3 Esquema del análisis estadístico**

El análisis estadístico para el arreglo factorial A x B + 2 se detalla en la tabla nueve donde están las fuentes de variación y los respectivos grados de libertad

**Tabla 9.** Esquema del ADEVA para el arreglo factorial A x B + 2

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>
Total	23
Tratamientos	7
Factor A	2
Factor B	1
A x B	2
Testigo 1 vs Testigo 2	1
Testigo vs Otros	1
Error Experimental	16

**Elaborado por:** Darwin Fernando Ortega Gutiérrez, 2018

#### **3.5.1.4 Análisis funcional**

En caso de detectarse diferencia significativa entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Si en caso se presentar diferencia significativa entre factores de utilizó la prueba de DMS.

#### **3.5.2 SEGUNDO DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizo un DCA (Diseño completamente al azar), con cuatro tratamientos, tres repeticiones con un arreglo factorial A x B, donde A corresponde a la temperatura de fritura de la papa (*Solanum tuberosum*) tipo bastón Diacol – Capiro y B corresponde a los tipos de aceite al 100 %.

##### **Factor A**

TEMPERATURA de fritura de la papa (*Solanum tuberosum*):

- **A1:** 120 °C
- **A2:** 180 °C

##### **Factor B**

% de los dos tipos de aceite

- **B1:** aceite de palma 100 %
- **B2:** aceite de girasol 100 %

### 3.5.2.1 Número de tratamientos

Los tratamientos resultantes del arreglo factorial A x B se encuentran en la tabla 10 organizado por un número de tratamientos, la combinación factorial y su simbología.

Tabla 10. Tratamientos del arreglo factorial A x B

<b>N.º</b>	<b>SIMBOLOGÍA DE LOS TRATAMIENTOS</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Combinación Factorial</b>
1	T 1	A1B1	120 °C + Aceite de palma 100 %
2	T 2	A1B2	120 °C + Aceite de girasol 100 %
3	T 3	A2B1	180 °C + Aceite de palma 100 %
4	T 4	A2B2	180 °C + Aceite de girasol 100 %

### 3.5.2.2 Características de los experimentos

Se realizó un arreglo factorial A x B con tres repeticiones, seis tratamientos y 12 unidades experimentales con un total de 2520 g de papa, el peso de la unidad experimental es de 210 g y un volumen de 500 ml de aceite usado en fritura.

### 3.5.2.3 Esquema del análisis estadístico

El análisis estadístico para el arreglo factorial A x B se detalla en la tabla 11 donde están las fuentes de variación y los respectivos grados de libertad

Tabla 11. Esquema del ADEVA para el arreglo factorial A x B

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>
Total	11
Tratamientos	3
Factor B	1
Factor C	1
A x B	1
Error Experimental	5

Elaborado por: Darwin Fernando Ortega Gutiérrez, 2018

### 3.5.2.4 Análisis funcional

En caso de detectarse diferencia significativa entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Si en caso se presentar diferencia significativa entre factores de utilizó la prueba de DMS.

## 3.6 VARIABLES A EVALUAR

Empleando la prueba no paramétrica de FRIEDMAN se analizó en el producto final las siguientes variables sensoriales u organolépticas.

### 3.6.1 VARIABLES CUALITATIVAS

#### 3.6.1.1 Variables a evaluar en la papa frita tipo bastón:

##### ➤ Color

Propiedad de percepción que producen en los ojos los rayos de luz reflejados por un cuerpo. (Meilgaard, Civille , & Carr, 2006). Está relacionado con las cualidades sensoriales, la composición química y, por lo tanto, es uno de los factores que define la calidad de un producto alimentario, además determina la aceptación o rechazo del mismo. (Anzaldúa-Morales , 1994).

El color es uniforme de claro a oscuro, sin quemaduras u otras materias extrañas presentes en bastón de papa frita.

Tabla 12. Color

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	TRATAMIENTOS											
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
COLOR	Claro												
	Moderadamente claro												
	Ligeramente claro												
	Ligeramente oscuro												
	Moderadamente oscuro												
	Obscuro												

➤ **Textura-Dureza**

La dureza por la coagulación de las proteínas, la gelificación del almidón y la deshidratación parcial que sufre el producto, con un aspecto agradable, color dorado, uniforme y brillante. (Ureña & D'Arrigo, M., Girón, O., 1999).

La textura del bastón de papa frita debe ser crocante al morderla y húmeda al masticarla, en una sucesión de dura a suave.

**Tabla 13.** Textura-Dureza

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	TRATAMIENTOS											
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
<b>TEXTURA – DUREZA</b>	Dura												
	Moderadamente dura												
	Ligeramente dura												
	Ligeramente suave												
	Moderadamente suave												
	Suave												

➤ **Aceptabilidad**

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Según (Fellows, 2017) reportó que la textura de los alimentos se encuentra determinado por su contenido de humedad y grasa, tipo y cantidades de carbohidratos estructurales (celulosa, almidones y materiales pécticos), hidrocoloides y proteínas presentes.

Se uso diferentes niveles de aceptabilidad que van representados en una escala hedónica, que incorpora las características anteriores.

**Tabla 14.** Aceptabilidad

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	TRATAMIENTOS											
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
<b>ACEPTABILIDAD</b>	Muy buena												
	Buena												
	Regular												
	Mala												
	Muy mala												

Los datos obtenidos se procesaron a través de las pruebas paramétricas de Friedman.

Se realizó mediante un panel de 12 de degustadores los cuales serán tomados al azar, de esta manera se conoce la aceptación o rechazo del producto. La fórmula de FRIEDMAN que se empleó es la siguiente:

$$X^2 = \frac{12}{r * t (t + 1)} \sum R^2 - 3r (t + 1)$$

Dónde:

$X^2$  = Chi – cuadrado

**R** = rangos

*t* = tratamientos

*r* = número de degustadores

### **3.6.2 VARIABLES CUANTITATIVAS**

#### **3.6.2.1 Análisis físicos de la papa frita tipo bastón**

##### **➤ Humedad**

La humedad es la cantidad de agua en la muestra. Es una característica importante particularmente en relación con la seguridad de almacenamiento del producto. Se realizó en una balanza de secado infrarroja antes de la fritura para saber el contenido de humedad de la variedad. Se pesó menos de un gramo de la muestra, después de 15 min. la balanza nos dio los resultados de forma digital. El método de ensayo que se utilizó es el AOAC 925.10. (Official Methods of Analysis, 2015).

##### **➤ Tiempo de fritura de la papa**

El tiempo de fritura se realizó con la ayuda de un cronómetro para determinar el tiempo que se demora la papa en llegar a su estado comestible dependiendo de la temperatura empleada y la mezcla de los aceites. (Morón, Zamudio, López, & Tacanga, 2013).

En un estudio de caracterización de calidad de papas, realizado por (Romani, Bacchiocca, Rocculi, & Dalla, 2009) alcanzaron un grado de freído satisfactorio en

un lapso de 8-12 minutos, después de este tiempo el alimento se torna en un producto muy dorado y forma una costra.

#### ➤ **Sólidos totales**

El análisis de sólidos totales se realizó por cromatografía y se determinó con el método de ensayo AOAC 925.10. Este análisis se realizó al final del experimento en los mejores tratamientos de las papas fritas tipo bastón. (Official Methods of Analysis, 2015).

### **3.6.2.2 Análisis químicos de la papa frita tipo bastón**

#### ➤ **Cenizas**

El contenido de las cenizas se determinó como el residuo que queda al quemar los componentes orgánicos de la muestra en un horno o mufla hasta que se consigue un color blanco o ligeramente gris, se realizó al final del experimento a los tres mejores tratamientos del producto terminado. Formula a utilizarse:

$$\% \text{ ceniza} = \frac{\text{Peso del crisol con ceniza} - \text{Peso del crisol vacío}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Este análisis se realizó al final del experimento en los mejores tratamientos de las papas fritas tipo bastón. El método de ensayo es el AOAC 923.03. (Official Methods of Analysis, 2015).

#### ➤ **Azúcares reductores**

Se requiere que la muestra este disuelta en una solución, esto se realizó en presencia de calor para garantizar que se disuelva por completo. Luego se agrega la solución de Fehling agitando constantemente. Si hay azúcares reductores presentes, la solución cambia de color a medida que se forma un óxido o un precipitado de color rojo, si no existiera la presencia de estos la solución permanecerá azul o verde. (Benedict, 1907).

Los azúcares reductores también forman un espejo de plata cuando se calientan con soluciones de plata amoniacal. Este análisis se realizó al inicio en la papa antes de entrar a su proceso de fritura y al final del experimento en el aceite y las papas fritas

tipo bastón. El método de ensayo es el AOAC 906.04. (Official Methods of Analysis, 2015).

#### ➤ **Grasa**

Se estableció el contenido de grasa para determinar si existe un incremento de la misma. Se determinó mediante el método Soxhlet, al finalizar el experimento en los mejores tratamientos de las papas fritas tipo bastón. El método de ensayo que se utilizó es el AOAC 920.85. (Official Methods of Analysis, 2015).

#### ➤ **Proteína**

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición, el residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio y se procede a destilar. El amoniaco presente se desprende y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido clorhídrico estandarizado.

$$\% N = \frac{\text{volumen acido sulfurico} * \text{normalidad} * 0,014}{\text{gramos de la muestra}} * 100$$

Este análisis se realizó al final del experimento en los mejores tratamientos de las papas fritas tipo bastón. El método de ensayo que se utilizó es AOAC 920.87. (Official Methods of Analysis, 2015).

#### ➤ **Acrilamida**

Se usó cromatografía líquida de alta resolución acoplada a la espectrometría de masas. La mayoría son métodos clásicos basados en la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) o en la cromatografía de gases que se basan en la separación de ácidos orgánicos.

La extracción de acrilamida a partir de las muestras reales que se realizó con agua destilada como extractante, disolvió cantidades adecuadas de cada compuesto, para preparar soluciones madre. Las soluciones de trabajo de cada compuesto se prepararon mediante diluciones apropiadas de las soluciones patrón. El agua y el acetonitrilo utilizados para la separación cromatográfica fueron de grado HPLC. (SCRIBD Inc, 2019).

**Procedimiento:** Una vez frito se enfrió hasta temperatura ambiente, se pesaron cinco gramos de cada muestra, se llevó a la estufa durante tres horas a más menos 102 ° C luego se trituró en mortero, se trasvasó a un tubo previamente taaado y encerado y se obtuvo el peso de la muestra. Se adicionó 5 ml de agua destilada pasándolos por el homogeneizador; se dejan reposar en el ultrasonido termostatizado a 70 ° C bajo agitación durante 30 min. Después de enfriarlos a temperatura ambiente se los centrifugó (1200 rpm, 20 min, 4°C) para permitir la precipitación de los sólidos y separación del gel de acrilamida. Se filtró a través de filtro de membrana. Los filtrados transferidos a matraces volumétricos de 10 ml para su aforo con agua destilada. Antes del análisis se lavó con hexano tres veces a 1ml de la solución de muestra para extraer los ácidos grasos de cadena larga restantes que podrían crear problemas en el análisis cromatográfico dando picos que se solapan y bloquean la columna polar. La mezcla se agitó vigorosamente y la copa de hexano superior se retiró con una pipeta. Se tomaron 10 µl con una jeringa directamente de la capa acuosa inferior y se inyectó en la HPLC según la metodología utilizada por (Garzón, 2014) y (SCRIBD Inc, 2019) para correr los picos de acrilamida.

### 3.6.2.3 Análisis físicos en la mezcla de los aceites fritos

#### ➤ Densidad

Es la relación entre la masa de un volumen dado de sustancia a 25 °C y la masa de un volumen idéntico de agua a 25 °C. (Densidad.net, 2010), (INEN, ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA, 2012).

$$d = \frac{m}{v}$$

#### ➤ Índice de refracción

Es la relación entre la velocidad de una luz monocromática en el aire y su velocidad en la sustancia considerada, y es la relación entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción, cuando la luz pasa del aire a la sustancia. Este análisis se realizó al final del experimento en el aceite y sus residuos. Se realizó mediante

el ensayo INEN 42:1973. (INEN, GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN, 1973).

➤ **Punto de enturbiamiento (CLOUD POINT)**

Es la temperatura a la cual, bajo condiciones de este ensayo, se induce una nubosidad o enturbiamiento en la muestra, que es producto del primer estado de cristalización. Este análisis se realizó al final del experimento en el aceite y sus residuos. Se realizó mediante el método de ensayo INEN 1639:1988. (INEN, ACEITE COMESTIBLE DE PALMA AFRICANA. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE ENTURBAMIENTO (CLOUD POINT), 1988).

➤ **Rancidez**

La rancidez es el grado de descomposición común de las grasas, el cual se debe al ataque del oxígeno a los centros no saturados y esto se observa cuando los comestibles grasientos adquieren con el tiempo sabor y olor más fuertes. La determinación de rancidez se realizó por el (Método de Kreiss), al final de la investigación en el aceite y sus residuos. (Reyes Loor, 2003).

#### **3.2.7.4 Análisis químicos en la mezcla de los aceites fritos**

➤ **Índice de yodo**

El índice de yodo es una medida del grado de instauración de los componentes de una grasa. Fúe tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa, utilizándose por ello para comprobar la pureza y la identidad de las grasas. Este análisis se realizó al final del experimento en el aceite y sus residuos. (INEN, GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. DETERMINACION DEL INDICE DE YODO, 1973).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

##### 4.1.1 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA PAPA

La tabla 15, presenta los resultados de los análisis que se realizó a la materia prima de la variedad Diacol-Capiro, estudiada y en estado de madurez comercial.

**Tabla 15.** Análisis físico químico de la papa

Parámetro analizado	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Contenido de humedad	%	77,2	AOAC 925.10
Cenizas	%	2,18	AOAC 923.03
Extracto etéreo	%	0,02	AOAC 920.85
Ácido Ascórbico	mg/100 g	25,4	AOAC 967.21
Fibra total B.S.	%	9,2	AOAC 978.10
Proteína B.S.	%	1,8	AOAC 984.13
Azúcares Reductores Totales	%	0,12	AOAC 906.04
Almidón	%	17,95	

**Fuente:** Laboratorio de análisis físico - químicos y microbiológicos UTN

El aporte nutricional de las papas (*Solanum tuberosum*) es importante por la calidad y cantidad de sus carbohidratos, especialmente el almidón que contribuye con un 80% del total de materia seca de los tubérculos (Dean & Thornton, 2003).

En la tabla 15 se puede apreciar un valor de contenido de humedad de la papa del 77,2 % que es superior en relación al contenido de la papa común 76,7 %, mientras más alto sea mayor será la absorción de aceite en la papa frita, el agua se reemplaza con el aceite. (Montes O, y otros, 2015).

Así mismo, el contenido de cenizas es un indicador de minerales, donde contiene 2,18 % que es superior a la papa común que se encuentra en 1 %, según (Quilca , 2007), la presencia de estos, facilitan las actividades y síntesis de otras sustancias y procesos del cuerpo. Además, posee un contenido de grasa del 0,02 % que es diferente a la papa común del 0,01 %.

Por otro lado, los análisis de materia prima determinaron contenidos de ácido ascórbico de 25,4 mg/100g, otros estudios de diferentes autores no reflejan el contenido de este ácido en su composición nutricional.

Mientras, que el contenido de fibra fue del 9,2 % tiene una diferencia relevante ya que es superior, al comparar con otra fuente 1 %, este resultado debe complementarse con el consumo de leguminosas. (Cadena , 2007).

La proteína de la papa de la variedad Diacol – Capiro oscila entre 1,8 % del peso del tubérculo fresco. En comparación con otras fuentes vegetales crudos que es del 1,9 %, la proteína de la papa tiene un excelente valor biológico. (Federación Colombiana de Productores de Papa, 2014). El aporte de proteínas en la papa es mínimo, pero de alta calidad. (Ramírez, 2018).

Otros estudios no detectan azúcares reductores en la composición nutricional de la papa, por lo que nuestro resultado de análisis fue del 0,12 %, a esto podemos decir que, la fructosa y glucosa, son considerados como azúcares reductores de tal manera que afectan la calidad del producto elaborado, tanto en papas “chips” como bastones fritos. (Sowokinos, 1990).

Se puede apreciar en la tabla el nivel de carbohidratos (azúcares reductores totales de 0,12 % y almidón del 17,95 %) es inferior en esta variedad, a diferencia de la papa común que se encuentra en 19,3 %, la presencia de almidón permite que se formen el gel al ser hidratado, por lo que pasan a formar una costra de color dorado sometidos a temperaturas prolongadas. (Romani, Bacchiocca, Rocculi, & Dalla, 2009).

#### 4.1.2 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS ACEITES

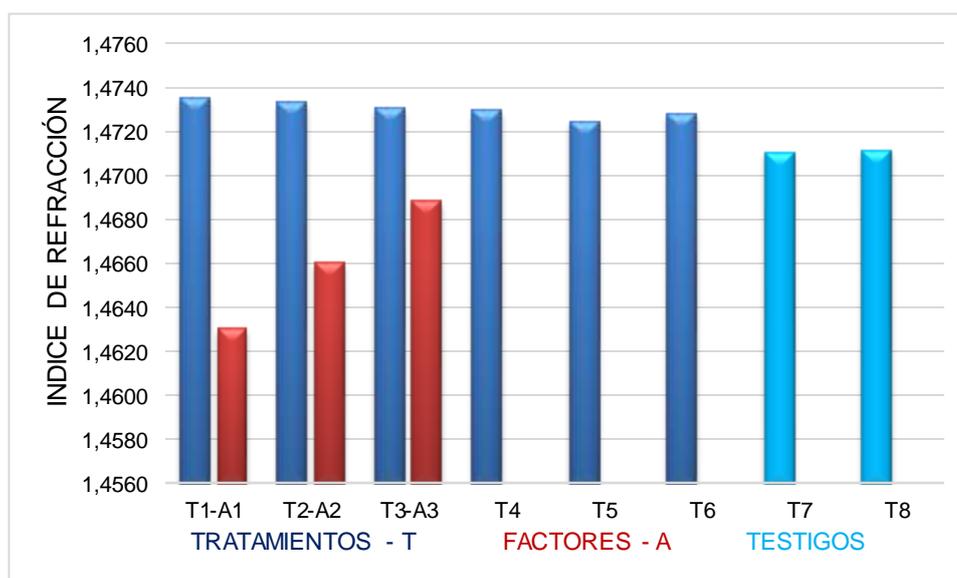
En la tabla 16 se muestran los valores de los resultados y los métodos de los análisis de las mezclas de los aceites utilizados en la investigación. Por simple apreciación se puede estimar que son similares entre ellos, pero a la hora de utilizar para la fritura de la papa, el comportamiento varía.

**Tabla 16.** Análisis físico químico de los aceites

Parámetro analizado	Unidad	Resultado			Método de ensayo
		A1	A2	A3	
Densidad relativa	-----	0,9071	0,9085	0,9099	<b>INEN 35 -2012</b>
Índice de refracción	-----	1,4630	1,4660	1,4688	<b>INEN 42</b>
Punto de nube	° C	11,0	10,8	8,0	<b>INEN 1639</b>

**Fuente:** Laboratorio de análisis físico - químicos y microbiológicos UTN

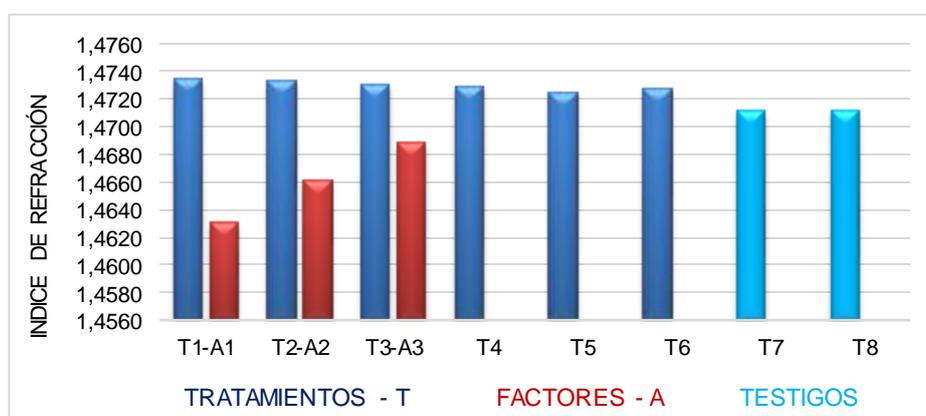
**Gráfico 1.** Comparación de valores, de la densidad relativa de los factores antes de su fritura, las mezclas de aceites y testigos después de la fritura.



La densidad cambia con la temperatura conforme aumenta esta, el aceite se dilata y por tanto su densidad disminuye. (Densidad.net, 2010). Por ello, es necesario expresar la densidad de los factores que se encuentran expresados en la gráfica 1 (**A1:** aceite de palma 30% + aceite de girasol 70%: 0,9071, **A2:** aceite de palma 50% + aceite de girasol 50%: 0,9085, **A3:** aceite de palma 70% + aceite de girasol 30%: 0,9099), estos valores se encuentran dentro de los requisitos que deben cumplir los aceites comestibles, según la norma ecuatoriana INEN 2421: 2012 aceite de palma y la norma INEN 26:2012 aceite de girasol. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2019), como se puede observar en el gráfico 1, la densidad de los factores tiende seguir en aumento, desde A1, A2 hasta A3.

Mientras que la mezcla de los aceites ya fritos tuvo un comportamiento superior o igual los cuales se detallan a continuación el T1 (Aceite de palma 30% + aceite de girasol 70% + 120 °C), supero en 0,0001 al T2 (Aceite de palma 30% + aceite de girasol 70% + 180 °C), los tratamientos T3 (Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 120 °C), y T4 (Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 180 °C), se comportaron de manera igual, mientras que el T6 (Aceite de palma 70% + aceite de girasol 30% + 180 °C), supero en 0,0002 al T5 (Aceite de palma 70% + aceite de girasol 30% + 120 °C), a diferencia de los testigos que se encuentran al 100 % ya que girasol supera en 0,0001 al de palma después de la fritura, según (Medina, 2012), cuando la temperatura cambia, existe variaciones en la sustancia, es decir, la densidad del aceite cambia con la temperatura.

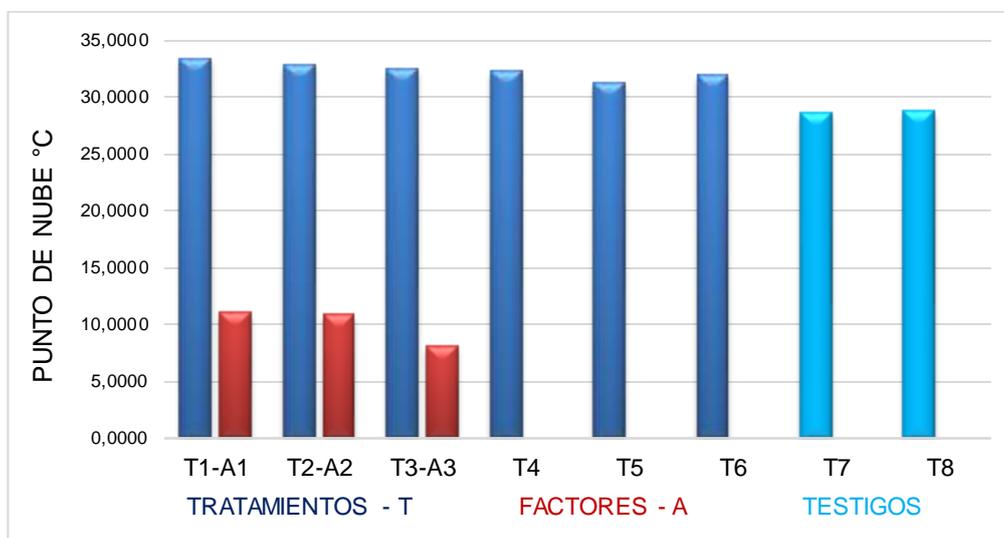
**Gráfico 2.** Comparación de valores, del índice de refracción de los factores antes de su fritura, las mezclas de aceites y testigos después de la fritura.



En el índice de refracción depende la composición del aceite, encontraremos unos más resistentes que otros a la fritura. (García de la Cruz, 2017). Si se mezclan dos líquidos mutuamente solubles en este caso aceites, el índice de refracción de la disolución resultante es función de la concentración de cada uno de los líquidos, en el gráfico 2, podemos apreciar que los factores tienden a ascender antes de la fritura, según su porcentaje utilizado en cada una (**A1**: aceite de palma 30% + aceite de girasol 70%: 1,4630, **A2**: aceite de palma 50% + aceite de girasol 50%: 1,4660, **A3**: aceite de palma 70% + aceite de girasol 30%: 1,4688), lo que coloca a las mezclas en un rango dentro de los valores del aceite de palma y girasol. Según las normas ecuatorianas del INEN 2421: 2012, INEN 26:2012, las mezclas se encuentran en un rango entre el aceite de palma y girasol. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2019).

Las mezclas de aceites ya fritos reflejan en el gráfico 2 un comportamiento de variación entre los tratamientos los que se describen a continuación de acuerdo a la mezcla y temperatura de fritura T1 (Aceite de palma 30% + aceite de girasol 70% + 120 °C), supera en 0,0003 al T2 (Aceite de palma 30% + aceite de girasol 70% + 180 °C), el tratamientos T3 (Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 120 °C), supera en 0,0001 al T4 (Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 180 °C), mientras que el T6 (Aceite de palma 70% + aceite de girasol 30% + 180 °C), supera en 0,0001 al T5 (Aceite de palma 70% + aceite de girasol 30% + 120 °C), a diferencia de los testigos que se encuentran al 100 % ya que girasol supera en 0,0001 al de palma después de la fritura, se puede observar que el T1 contiene el valor más alto en las mezclas y tiende a declinar hasta el T5. Según (Blumenthal, M.M, 1992), el índice de refracción es una constante que depende del carácter y del estado de la sustancia analizada, los valores están relacionados con el grado de saturación con la razón cis/trans de los dobles enlaces. (INEN, GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN, 1973).

**Gráfico 3.** Comparación de valores, del punto de nube de los factores antes de su fritura, las mezclas de aceites y testigos después de la fritura.



El punto de nube o enturbiamiento (CLOUD POINT) es la temperatura a la que el aceite comienza a humear y degradarse. En la gráfica 3 las mezclas se comportan de manera diferente ya que se encuentran dentro de este rango, teniendo como valor más alto (A1: aceite de palma 30% + aceite de girasol 70%, con un valor de 11,0 ° C, A2: aceite de palma 50% + aceite de girasol 50%, con un valor de 10,8 ° C, A3: aceite de palma 70% + aceite de girasol 30%, con un valor de 8,0 ° C), es así que estas temperaturas disminuyen con forme se aumenta el porcentaje de aceite de palma. En cada ciclo de fritura los puntos de humo y de inflamabilidad disminuyen. (Salgado, 2017).

En el grafico 2, las mezclas de aceites ya fritos se comportan de manera diferente según el análisis que se describe a continuación de acuerdo a la mezcla y temperatura de fritura T1 (Aceite de palma 30% + aceite de girasol 70% + 120 °C), supero en 0,4666 al T2 (Aceite de palma 30% + aceite de girasol 70% + 180 °C), el tratamientos T3 (Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 120 °C), supera en 0,2000 al T4 (Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 180 °C), mientras que el T6 (Aceite de palma 70% + aceite de girasol 30% + 180 °C), supero en 0,6667 al T5 (Aceite de palma 70% + aceite de girasol 30% + 120 °C), a diferencia de los testigos que se encuentran al 100 % ya que girasol supera en 0,2000 al de palma después de la fritura, se puede observar que el T1 contiene el valor más alto en las

mezclas y tiende a declinar hasta el T5. Al calentar el aceite por encima de ese punto, este alcanza temperatura de inflamabilidad y hace que se quemé. (Menacho , 2013).

## 4.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS MEJORES NIVELES DE TEMPERATURAS Y MEZCLAS DE ACEITES SOBRE EL CONTENIDO DE ACRILAMIDA EN EL PRODUCTO FINAL

En la tabla 17 se muestran los valores de las diferentes variables analizadas en la investigación con este conjunto de datos se realizó un análisis de relación para determinar la semejanza entre ellas para la determinación equipos de trabajo.

**Tabla 17.** Datos de variables cualitativas y cuantitativas

Trat.	Cuantitativas					Cualitativas	
	Peso Final (g)	Humedad %	Acilamida µg	Densidad -----	Azúcares reductores %	Color	Textura
T1	122,33	53,55	11503,60	0,9131	1,26	4,15	4,10
T2	112,00	51,16	19935,44	0,9130	1,23	5,65	3,60
T3	126,67	57,96	10546,12	0,9128	1,21	4,65	5,45
T4	118,33	54,80	17339,46	0,9128	1,24	5,70	2,85
T5	120,00	56,35	12075,80	0,9125	1,23	3,40	4,30
T6	119,00	52,53	15148,67	0,9127	1,21	4,95	4,35
T7	117,33	52,69	10744,80	0,9116	1,26	4,00	5,05
T8	115,67	54,31	10956,48	0,9117	1,22	3,75	5,80

El objetivo consiste en identificar los factores que pueden ser considerados más importantes y relacionarse entre sí generando cierta confianza y fidelidad. Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP), ya que esta técnica multivariante permite el tratamiento conjunto de las variables observadas reduciendo así el número de datos, y consiguiendo identificar un grupo de variables ficticias formadas a partir de la combinación de las anteriores observadas. De esta forma podremos sintetizar los datos y relacionarlos entre sí, sin hacer ninguna hipótesis previa sobre lo que significa cada factor inicial. (Bernal Garcia , 2017).

**Tabla 18.** Matriz de componente rotado

**Matriz de componente rotado<sup>a</sup>**

	Componente		
	1	2	3
TEXTURA	-,887	,232	-,256
DENSIDAD	,870	,342	
COLOR	,820	-,255	-,274
ACRILAMIDA	,799	-,527	-,219
PESOFINAL		,961	
HUMEDAD	-,184	,875	-,144
AZUCARESREDUCTORES		-,211	,945
ACEPTABILIDAD	-,441	,316	,789

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

En la matriz antes expuesta se puede apreciar que los valores más positivos corresponden a cada componente, es decir, la conformación de equipos de variables en un solo grupo para la investigación se agrupó en tres componentes los cuales se los explica en el gráfico de rotación.



**Figura 12.** Descripción de componentes en espacio rotado

En la figura 12 se indica los parámetros que se encuentran más próximos a los componentes con los que se correlacionan.

En la figura, se observa que acrilamida y los azúcares reductores se encuentran en diferentes componentes, esto permite identificar que los azúcares reductores no tiene relación con la cantidad de acrilamida que pueda existir en la fritura, la acrilamida interfiere en el color ya que es la que más se aproxima de todas las variables, según (Morales, y otros, 2008), el color dorado de los bastones de papa frita se deben a la acrilamida, las pruebas realizadas por (Romani, Bacchiocca, Rocculi, & Dalla, 2009), confirman e indican que después de un tiempo prolongado de fritura el alimento se torna en un producto muy dorado y forma una costra.

Las variables que se relacionan en el componente 3 son el peso final y la humedad, según (Calvo, 2002), mientras más humedad tenga la papa su peso final será mayor porque el agua se reemplaza con el aceite en el momento de la fritura, es decir son variables que interfieren.

El resto de las variables como se observa en la figura se encuentran dispersas, de tal forma que no interfieren la una con la otra.

#### **4.2.1 ANÁLISIS DE ACRILAMIDA**

En la presente investigación se desarrolló dos diseños a continuación se analizó el primer diseño con las mezclas de los aceites y dos testigos.

##### **4.2.1.1 Diseño experimental uno**

Si bien es cierto que la acrilamida se encuentra en productos sometidos a fritura y altas temperaturas, la presente investigación se analizó en papas fritas ya que son uno de los principales productos diarios de consumo.

El análisis se basa en papas fritas ya que es un asunto de atención a la salud, de acuerdo a la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer a clasificado a la acrilamida como posible compuesto carcinogénico. Según (EFSA, 2015), se encontraron niveles altos en papas fritas tipo snacks, 389  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , y productos fritos de papa, 308  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

#### 4.2.1.2 Análisis de acrilamida presente en cada uno de los tratamientos

En el análisis de varianza, se observa que existe alta significación estadística para tratamientos, para factor A (% de mezcla de tipos de aceite palma y girasol), factor B (temperatura de fritura de la papa), interacción A x B, testigo 1 vs otros, por lo que se considera que todos los factores en estudio influyen, según (Jiménez, Morales, Gema, & Marti, 2007), en sus estudios establecen que la acrilamida se crea en diversos tipos de alimentos de acuerdo a su origen, composición y modo de preparación, es decir, las mezclas de aceite en la fritura inciden en la cantidad de acrilamida ya que a temperaturas superiores a 120 °C, los estudios realizados por (Muñoz J. , 2007), determinan que los almidones forman gel que este a su vez se carameliza y da la tonalidad de obscurecimiento en la cual se observa ya la formación de acrilamida. El valor del CV es de 6,91 %. Al existir diferencia significativa se procedió a realizar las pruebas de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para factores.

**Tabla 19.** Análisis de varianza de la presencia de acrilamida en la papa frita

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	Signif.	F.T 5%	F. 1%
<b>Total</b>	<b>23</b>	276972120,91					
<b>Tratam.</b>	<b>7</b>	262999871,92	37571410,27	43,02	**	2,66	4,03
<b>FA</b>	<b>2</b>	15413409,11	7706704,55	8,83	**	3,63	6,23
<b>FB</b>	<b>1</b>	167409476,49	167409476,49	191,71	**	4,49	8,53
<b>I (AX B)</b>	<b>2</b>	22622517,96	11311258,98	12,95	**	3,63	6,23
<b>T1 vs Otros</b>	<b>1</b>	57487254,46	57487254,46	65,83	**	4,49	8,53
<b>T1 vs T2</b>	<b>1</b>	67213,91	67213,91	0,08	NS	4,49	8,53
<b>ERROR EXP.</b>	<b>16,00</b>	13972248,98	873265,56				

CV: 6,91 %

\*\* : Altamente significativo

NS: No significativo

**Tabla 20.** Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable presencia de acrilamida en la papa frita

	<b>TRAT.</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>T2</b>	A1B2	19935,44	a
<b>T4</b>	A2B2	17339,46	a
<b>T6</b>	A3B2	15148,67	b
<b>T5</b>	A3B1	12075,80	b
<b>T1</b>	A1B1	11503,60	b
<b>T8</b>	Testigo 2	10956,48	c
<b>T7</b>	Testigo 1	10744,80	c
<b>T3</b>	A2B1	10546,12	c

Según Tukey para tratamientos se observa que: T8 (aceite de girasol al 100 %), T7 (aceite de palma al 100 %) y T3 (aceite de palma 50 % + aceite de girasol 50 % - 120 ° C) se encuentran dentro de un mismo rango (c), es decir que su comportamiento estadístico es igual y son los tratamientos que presentan menor contenido de acrilamida; de estos los dos primeros son testigos. Los tratamientos que presentan mayor valor de acrilamida son el T2 (aceite de palma 30 % + aceite de girasol 70 % - 180 ° C) y T4 (aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% - 180 °C), se podría decir que según el estudio el aceite de girasol a temperaturas altas genera mayor cantidad de acrilamida, el aceite de girasol al ser insaturado rompe sus dobles enlaces a elevadas temperaturas. (Sandua Macaya, 2018).

**Tabla 21.** Prueba DMS al 5% para el factor A (% de los tipos de aceite de palma y girasol) para la variable presencia de acrilamida

<b>NIVEL</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGO</b>
<b>A1</b>	15719,52	a
<b>A2</b>	13942,79	b
<b>A3</b>	13612,24	b

Al realizar DMS para el factor A (mezclas de aceite palma y girasol), se observa que A2 (aceite de palma 50 % + aceite de girasol 50%) y A3 (aceite de palma 70 % + aceite de girasol 30%), poseen rango igual (b), de comportamiento estadístico, es decir, presentan menor cantidad de acrilamida, ya que las temperaturas de fritura influyen en la evaporación de agua y la cantidad de acrilamida, ya que al

transferencia de calor que existe permite que la mezcla de aceite pase a remplazar la humedad que existente bastón de papa. (Matthäus, Vosmann , & Haase , 2004).

**Tabla 22.** Prueba DMS al 5% para el factor B (temperatura de fritura de la papa) para la variable presencia de acrilamida

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B2	17474,52	a
B1	11375,17	b

Al realizar DMS para el factor B (temperatura de fritura), se observa que el B1 (120 °C), favorece la calidad del producto final es decir a menor temperatura de fritura menor será la formación de acrilamida en la papa ya que la temperatura es un factor iniciador en la formación. (Garzón, 2014). Cuando la temperatura del aceite es alta, la deshidratación es más rápida y, por tanto, los altos niveles de temperatura y la baja humedad favorecen la formación de acrilamida (Masson, y otros, 2017)

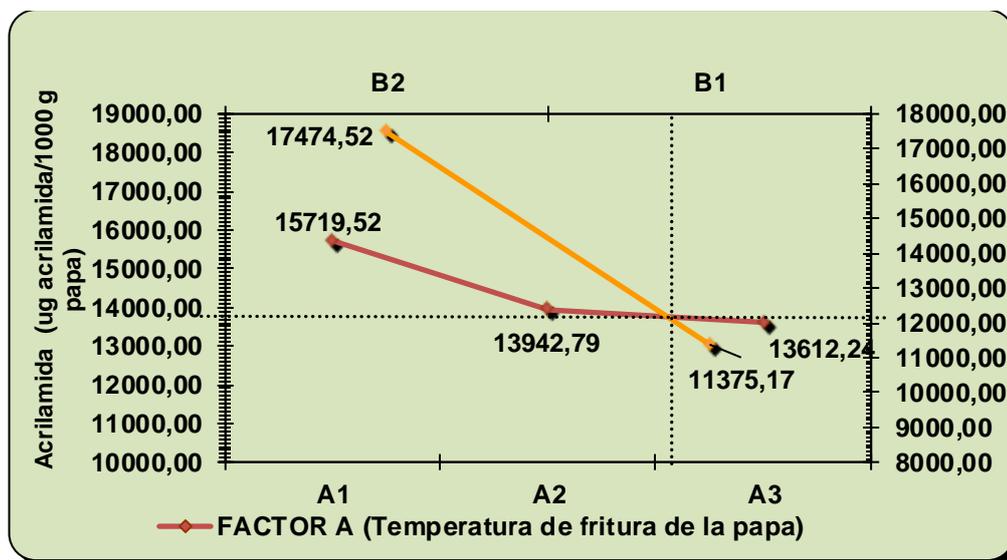
En relación con la temperatura, estudios de distintos autores demostraron que el límite inferior para la formación de acrilamida es de 120 °C. debido a la transferencia de calor por la evaporación de agua, desde su superficie hasta su centro geométrico, no es el mismo en todas las zonas de una misma porción de una patata tipo french. (Masson, y otros, 2017)

En el gráfico 4 de interacción de los factores A x B (% de tipos de aceite, temperatura de fritura) de la variable presencia de acrilamida, el punto de interacción es de 13900 µg acrilamida / 1000 g de papa, datos sobre estos parámetros generan mayor presencia de acrilamida, este punto se encuentra en los niveles A3 (aceite de palma 70 % + aceite de girasol 30 %) y el nivel B1 (120 °C). De esto se puede derivar que a mayor temperatura de fritura y mayor cantidad de aceite de girasol se encuentra con más presencia de acrilamida, el calor que se produce en la fritura reduce el contenido de humedad hasta el 3% generando compuestos tóxicos a elevadas temperaturas. (Tirado , Acevedo , & Guzman , 2012).

Acrilamida existe en diferentes productos alimenticios en diferentes niveles. La Autoridad de Seguridad Alimentaria (EFSA) muestra que el rango promedio de los

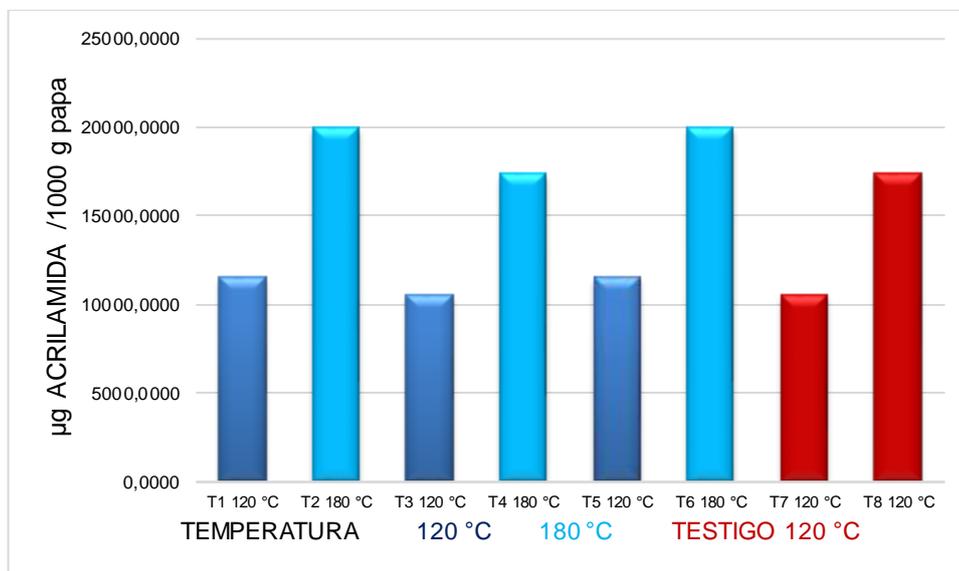
niveles de acrilamida es de  $31 \mu\text{g kg}^{-1}$  y en patatas fritas es de  $\sim 272e570 \mu\text{g kg}^{-1}$  (EFSA, 2011).

**Gráfico 4.** Interacción de los factores A x B, de la variable presencia de acrilamida en la papa frita



#### 4.2.1.3 Relación de acrilamida frente a temperaturas y mezclas

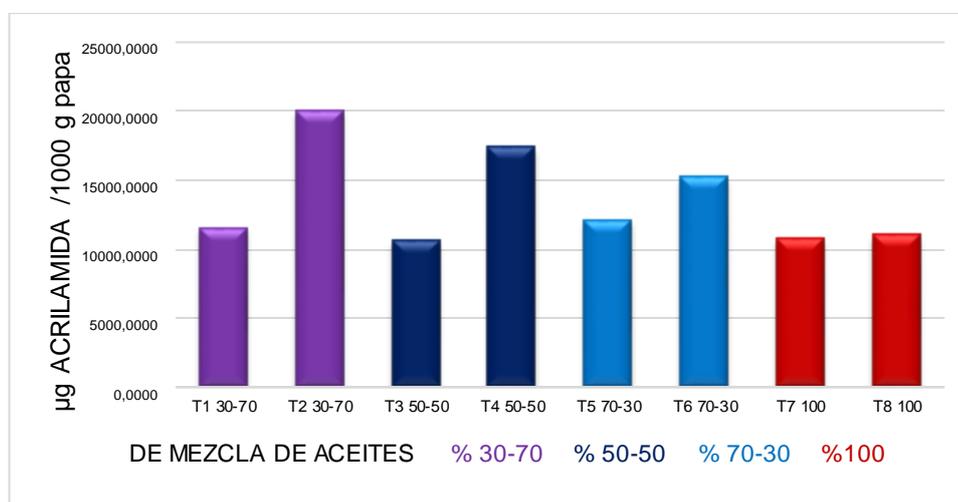
**Gráfico 5.** Comparación de las temperaturas y su incidencia en la formación de acrilamida



Según (Matthäus, Vosmann, & Haase, 2004), la temperatura es un factor iniciador que afecta la cantidad de acrilamida formada en las patatas, por lo que se vio la prioridad de analizar esta variable. En la gráfica 5, se puede observar que la mejor

temperatura es la del tratamiento T3 a 120 ° C, esto se confirma en el análisis de varianza del diseño experimental uno, el cual contiene menor contenido de acrilamida con relación a la mezcla de aceites y temperatura utilizada (T3: Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50% + 120 ° C), los estudios realizados por distintos autores (Mottram , Wedzicha , & Dodson, 2002), demuestran que el limite inferior para la formación de acrilamida, es de 120 °C, a estas temperaturas el producto absorbe aceite e incrementa su peso final, según (Blumenthal, M.M, 1992), el tipo de aceite utilizado afecta la calidad sensorial del producto.

**Gráfico 6.** Comparación del % de mezcla de aceites y su incidencia en la formación de acrilamida



En el análisis de varianza que se realizó en el diseño uno se determinó que el tratamiento T3 (Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50%), es el mejor ya que la acrilamida se presento en menor cantidad, esto lo podemos verificar en el grafico 5, que permite identificar un valor menor a todos los tratamientos 10546,1154 µg acrilamida/1000 g papa, por esta razón las mezclas de aceites son aptas en la fritura. Los estudios realizados por (Gonzalez Flores , 2014), indican que la conducción de calor en la fritura disminuye y el tiempo de proceso se acorta, ya que la residencia del producto en el aceite caliente dan lugar a cambios físicos, químicos y nutricionales en el alimento. (Dobarganes, Márquez Ruiz, & Velasco, 2000).

#### 4.2.1.4 Diseño experimental dos

**Tabla 23.** Análisis de varianza de la presencia de acrilamida en la papa frita

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	Signif.	F.T 5%	F. 1%
<b>Total</b>	<b>12</b>	206741893,68					
<b>Tratam.</b>	<b>3</b>	203648400,19	67882800,06	197,49	**	3,86	6,99
<b>FA</b>	<b>1</b>	138332684,03	138332684,03	402,46	**	5,12	10,60
<b>FB</b>	<b>1</b>	34752042,11	34752042,11	101,11	**	5,12	10,60
<b>I (AX B)</b>	<b>2</b>	30563674,04	15281837,02	44,46	**	4,26	8,02
<b>ERROR EXP.</b>	<b>9,00</b>	3093493,49	343721,50				

CV: 4,12 %

NS: No significativo

En el análisis de la varianza para la variable presencia de acrilamida se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factores: A (temperatura de fritura de papa) y B (% de tipo de aceite), interacción AxB; es decir que la temperatura y el tipo de aceite influyen en la presencia de acrilamida ya que la temperatura utilizada es de 180 °C. Por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para Tratamientos y Diferencia Mínima Significativa para factores. El coeficiente de variación fue de 4,12%.

**Tabla 24.** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos para la variable presencia de acrilamida en la papa frita

	TRAT.	MEDIAS	RANGOS
	<b>T3</b> A2B1	20938,83	a
	<b>T4</b> A2B2	14343,45	b
	<b>T2</b> A1B2	10956,48	c
	<b>T1</b> A1B1	10744,80	c

Mediante esta prueba de Tukey se pudo determinar la existencia de 3 rangos (a, b y c); el rango (c) para los tratamientos T2 y T1, presentando un comportamiento similar estadísticamente estos son los mejores al tener menos presencia de acrilamida en la papa frita.

**Tabla 25.** Prueba DMS al 5% para el factor A (temperatura de fritura de la papa) para la presencia de acrilamida en la papa frita

NIVEL	MEDIAS	RANGO
<b>A2</b>	17641,14	a
<b>A1</b>	10850,64	b

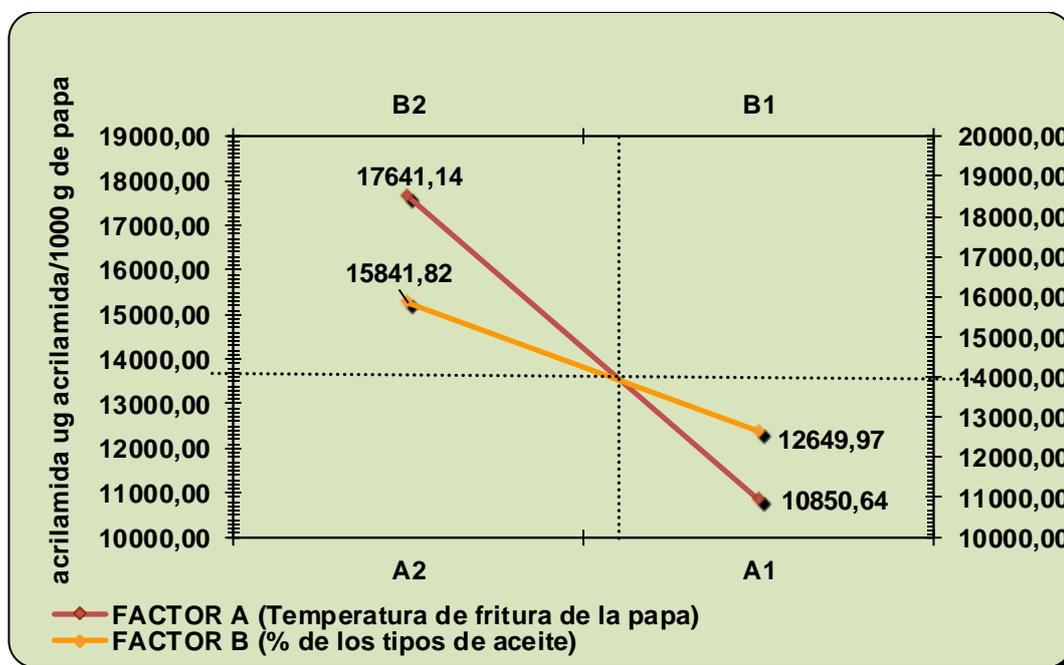
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% de la variable presencia de acrilamida en papa frita, muestra 2 rangos (a y b); el rango (a) para el nivel A2 (180 ° C), nos muestra una presencia mayor, mientras que en el rango (b) correspondiente al nivel A1 (120 ° C); según lo investigado podemos decir que, a medida que se aumenta la temperatura mayor será la presencia de acrilamida.

**Tabla 26.** Prueba DMS al 5% para el factor B (tipo de aceite) para la presencia de acrilamida en la papa frita

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B2	15841,82	a
B1	12649,97	b

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% de la variable presencia de acrilamida en la papa frita, para el factor B (tipo de aceite) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el que presenta menor valor es el nivel B1 (aceite de palma 100 %), el tipo de aceite influye en esta variable.

**Gráfico 7.** Interacción de los factores A x B, de la variable presencia de acrilamida en la papa frita

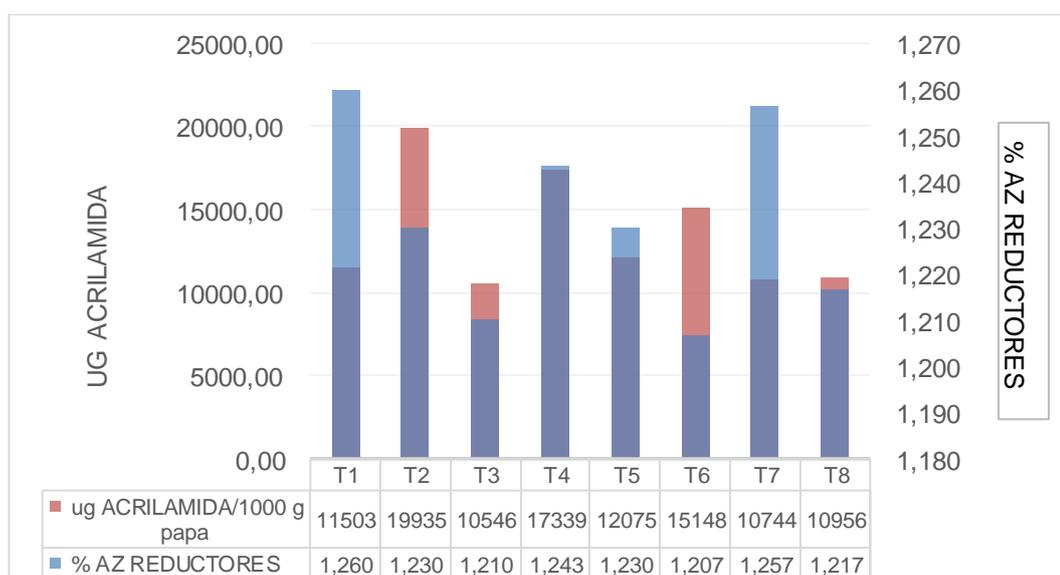


En el gráfico de interacción de los factores A x B (temperatura de fritura – tipo de aceite), el punto de interacción para la presencia de acrilamida es 13900 ug acrilamida/ 1000 g de papa, entre los niveles A1 (120 ° C) y B1 (aceite de palma).

Evaluar el contenido de acrilamida, las características físico – químicas y organolépticas del producto final.

### 4.3 EVALUACIÓN EL CONTENIDO DE ACRILAMIDA, LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL

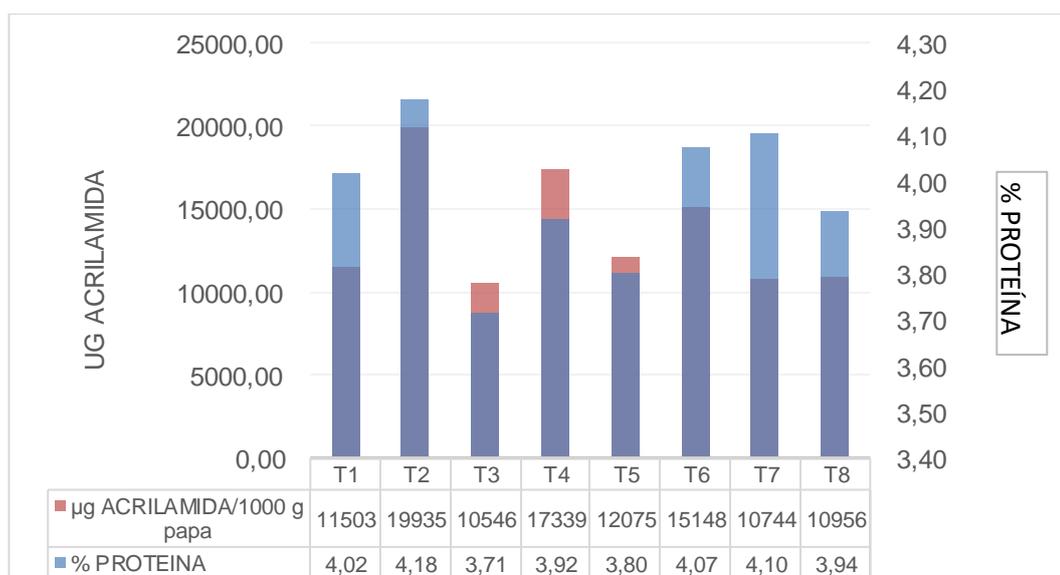
**Gráfico 8.** Comparación de azúcares reductores y su incidencia en la formación de acrilamida



En la tabla 15, los azúcares reductores analizados al inicio del experimento se encuentran en un 0,12 %, mientras que en el gráfico 7, se puede observar que después de la fritura, los bastones de papa tienen un valor de 1,2067 %, esto da a conocer que incrementaron en el proceso de fritura en 1,0867 %. Se pudo apreciar en la figura 12 que es la descripción de componentes en espacio rotado que los azúcares reductores no tienen relación con el contenido de acrilamida existente, ya que se encuentran en diferentes componentes, por tal razón se define que los valores de azúcares reductores presentes en la gráfica 7 son menores en 1,2067 % con relación al contenido de acrilamida que tienen valor de 15148,6732  $\mu\text{g}/1000 \text{ g}$  de papa, por tal motivo se define que la presencia de glucosa, azúcares reductores más el grupo amina dan paso a la reacción de Maillard pero en cantidades menores como lo podemos apreciar en el análisis de varianza del tratamiento T3 (Aceite de palma 50% + aceite de girasol 50%) a una temperatura de 120 °C, esto se confirma en el

análisis del gráfico 5 y 6 donde el tratamiento con menor contenido de acrilamida es el antes mencionado, esta reacción pardea u oscurece los alimentos (haciéndolos más sabrosos). (Stadler, y otros, 2002). Esto lo confirma (AECOSAN, 2017), según sus investigaciones.

**Gráfico 9.** Comparación de proteína y su incidencia en la formación de acrilamida



En la tabla 15, al inicio del experimento se observó el contenido de proteína con un valor de 1,8 %, mientras que en el gráfico 8 esta se encuentra en 4,1767 %, es decir en el proceso de fritura este aumento 2,3767 %, sin embargo se encuentra relacionada con el contenido de acrilamida que contiene valores bajos de 10546,1154 µg/1000 g de papa, por tanto se define que a menor contenido de proteína la generación de acrilamida será bajo, de tal manera la glucosa que es proveniente de los azúcares reductores, y la asparagina del grupo amina son los formadores de la reacción de Maillard (Ames, 1992), al eliminar agua este compuesto forma una base Schiff la cual se descarboxila y se rompe dando formación a la acrilamida, según (Coughlin, 2003) y (EFSA, 2015), existen dos posibles reacciones, en una de ellas da lugar directamente a acrilamida y en la otra a 3-aminopropionamida, que se transforma también en acrilamida.

#### 4.4 ANÁLISIS ORGANOLEPTICO

La evaluación sensorial se realizó con el propósito de evaluar las características organolépticas: color, textura y aceptabilidad de la papa frita tipo bastón; que se

encuentran descritos en la hoja de registro de los resultados de la evaluación sensorial. El formato del test de degustación se encuentra en el anexo 1.

El análisis organoléptico se realizó con la intervención de 10 panelistas a quienes se explicó cómo realizar la evaluación, se identificó las características organolépticas más relevantes de la papa frita. La valoración del test de degustación estuvo definida por una escala hedónica de 12,10,8,6,4,2

Para determinar si existe o no significación estadística en las variables de la evaluación sensorial anteriormente descritas, se realizó el análisis de Friedman al 5%.

$$x^2 = \frac{12}{rxt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

**Dónde:**

$X^2$  = Chi Cuadrado.

r = Número de degustadores

t = Tratamientos

$\Sigma R^2$  = Sumatoria de los rangos al cuadrado

**Tabla 27.** Resumen de significación para variables organolépticas

Variable	Valor Calculado $X^2$			Tratamientos
	$X^2$	5%	1%	
Color	12,30	14,07	18,4	T4, T2, T6
Textura	3,58	14,07	18,4	T8, T3, T7
Aceptabilidad	2,43	14,07	18,4	T7, T1, T5

Como se puede apreciar en el análisis de Friedman para las variables paramétricas de la evaluación sensorial: color, textura y aceptabilidad no presentaron significancia, lo que demuestra que no se detectó cambios de estas variables entre una muestra y otra, lo cual indica que estadísticamente las muestras son iguales, por tanto, los tratamientos tuvieron una aceptabilidad igual para cada panelista, sin embargo, hay tratamientos que sobresalen sobre los demás como son el T7, T5.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La mezcla de los aceites y la temperatura de fritura influyen en el contenido de acrilamida en la papa (*Solanum tuberosum*) Diacol-Capiro tipo bastón por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.
- La variedad Diacol-Capiro utilizada en la investigación es adecuada para el proceso de fritura debido a que los componentes: porcentaje de azúcares reductores, proteína y bajo contenido de humedad es favorable frente al de otras variedades.
- En la investigación la mezcla de dos tipos de aceite el porcentaje en igualdad de proporciones de aceite de palma y girasol T3 (50 % de palma – 50 % girasol – 120 ° C) es el óptimo ya que generó menor cantidad de acrilamida.
- El aceite de palma resiste altas temperatura de fritura debido a la estabilidad de las grasas en un rango de (160 a 200 ° C) el comportamiento es regular o bueno, frente al aceite de girasol que se encuentra entre (140 a 160 ° C) su estabilidad es muy pobre.
- Las temperaturas óptimas de fritura de papa son de 120 ° C o menores ya que se produce menor cantidad de acrilamida o a su vez no se detecta presencia de la misma.
- El tratamiento que genera mayor cantidad de acrilamida es el T5 (70 % de palma – 30 % girasol – 120 ° C) que es aceptado sensorialmente frente al mejor tratamiento estadístico que fue el T3 (50 % de palma – 50 % girasol – 120 ° C) que genera menor cantidad de acrilamida.

- El tiempo de fritura varía dependiendo de los grados de temperatura que se emplea es decir, a temperaturas superiores a 120 ° C y con poca humedad menor será el tiempo de fritura, aunque mayor nivel de acrilamida debido al contenido de azúcares reductores.
- Dentro de la evaluación de variables no paramétricas los degustadores tienen preferencia por el T5 (70% de palma – 30 % de girasol – 120 ° C).

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- No utilizar aceite de girasol en frituras de alimentos con temperaturas superiores a 180 ° C, ya que la estabilidad de este se modifica.
- Realizar otros estudios en productos que contengan altos niveles de almidón, debido a que es el componente principal para la formación de acrilamida ya que el grupo amina es el formador de la toxina.
- Investigar si los azúcares reductores y contenido de humedad de la papa *Solanum tuberosum* L. de la variedad SUPERCHOLA, inciden en la formación de acrilamida.
- Regularizar los procesos de fritura de alimentos ricos en almidón como medio de control de valores aceptables de acrilamida y evitar así el riesgo de cáncer por el consumo de estos alimentos.
- Se sugiere máximo dos veces la reutilización de aceites en fritura debido a su desgaste, ya que su estructura se modifica liberando aldehídos y radicales libres que son nocivos para la salud que elevan el riesgo de formación de acrilamida.

## BIBLIOGRAFÍA

- AccuStandard. (2014). *Leader in Analytical Reference Standards*. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Leader in Analytical Reference Standards: <http://store.accustandard.com/acrolein-acrylamide-acrylonitrile.html>
- AECOSAN. (24 de 07 de 2017). *Acrilamida* . Obtenido de [http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/gestion\\_riesgos/Acrilamida\\_ficha\\_JUL17.pdf](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/Acrilamida_ficha_JUL17.pdf)
- Aguliera, J. (1997). *Temas en Tecnología de Alimentos. Fritura de Alimentos* (Vol. Volumen I). (I. P. Nacional, Ed.) CYTED. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Alvarez Gil, D. M. (Diciembre de 2005). *Monografias.com*. Recuperado el 22 de 11 de 2014, de Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos31/fritura-alimentos/fritura-alimentos.shtml>
- Ames , J. (1992). The Maillard reaction. In *Biochemistry of food Proteins* . En *Elsevier Applied Science* (págs. 150 - 154). London .
- Andrade, H. (1997). *Alternativas de Industrialización*. Perú: OIA-MINAG e INIAP. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Anzaldúa-Morales , A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. España: Editorial Acribia.
- AOAC INTERNATIONAL. (2015). Obtenido de [https://www.aoac.org/AOAC\\_Prod\\_Imis/AOAC\\_Member/Default.aspx?WebsiteKey=2e25ab5a-1f6d-4d78-a498-19b9763d11b4&hkey=8fc2171a-6051-4e64-a928-5c47dfa25797](https://www.aoac.org/AOAC_Prod_Imis/AOAC_Member/Default.aspx?WebsiteKey=2e25ab5a-1f6d-4d78-a498-19b9763d11b4&hkey=8fc2171a-6051-4e64-a928-5c47dfa25797)
- Benedict, R. (1907). THE DETECTION AND ESTIMATION OF REDUCING SUGARS. *Journal of Biological Chemistry*, 3, 101–117.
- Bernal Garcia , J. J. (2017). *Modelización de los factores mas importantes que caracterizan un sitio en la red* . Cartajena - Colombia : Universidad Politecnica de Cartajena .

- Bernal, C. A. (2006). *"Metodologia de la Investigacion"* (Segunda Edicion ed.). Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Bill, H., & Andrade, H. (1998). *"Variedades de papa cultivadas en el Ecuador PNRT-papa, INIAP"*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Blumenthal, M.M. (1992). In edible oil fat products: Products and application technology. (5. b. (3), Ed.) *Frying technology*.
- Botanical-Online. (1999-2014). *www.Botanical-online.com*. Recuperado el 27 de 06 de 2014, de *www.Botanical-online.com*: [http://www.botanical-online.com/aceite\\_de\\_girasol\\_propiedades.htm](http://www.botanical-online.com/aceite_de_girasol_propiedades.htm)
- Bouchon, P. (2002). *Modeling oil Uptake During Frying*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Cadena , L. (2007). *Estudio de la Cadena de la Papa*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Caicedo, C. (1993). *"Estudio y promocion de la Tuberosas Andinas dentro del Agro ecosistema Andino en Ecuador"*. Quito. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Calvo, M. (Abril de 2002). *Universidad de Zaragoza, online*. Recuperado el 09 de 02 de 2019, de <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucars/acrilamida.html>
- Cifuentes Checa, M. C., & Campoverde Torres, A. C. (Diciembre de 2013). *Repositorio Digital U.P.S.* Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de Repositorio Digital U.P.S: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5816/1/UPS-QT04109.pdf>
- Cortez, M. R. (2009). *Cultivo de Papa*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Cortez, M., & Hurtado , G. (2002). Guía Técnica Cultivo de la papa. *CENTA*, 28.
- Cortiza Penichet, M. (2008). Recuperado el 12 de 01 de 2019, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2008/cgg.pdf>
- Coughlin, J. (2003). *Acrylamide: What we have learned so far*. Food Technology. Recuperado el 22 de 11 de 2014

- Dean, B., & Thornton, R. (2003). INFLUENCIA DEL ALMACENAMIENTO EN ATMOSFERA CONTROLADA SOBRE EL CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES Y REDUCTORES DE PAPAS cv. RANGER RUSSET. *Ciencia Agraria*, 1-14.
- Delgado, W. (2004). *Por que se enrancian las grasas y los aceites. Palmas. Colombia*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Densidad.net. (25 de 08 de 2010). *Qué es la densidad, cómo medirla, densidad de los principales elementos y componentes*. Obtenido de Densidad del aceite: <http://www.densidad.net/densidad-del-aceite/>
- Dobarganes, C., Márquez Ruiz, G., & Velasco, J. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 521, 528.
- Duarte Beltràn, L. C., & Guerròn Pozo, S. (2011). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Ibarra, Imbabura, Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/791/3/03%20AGP%2015%20TESIS%20CD.pdf>
- EcuRed. (s.f.). *EcuRed:Enciclopedia cubana*, online. (EcuRed) Recuperado el 09 de 02 de 2019, de [https://www.ecured.cu/Aceite\\_de\\_girasol#Fases\\_a\\_la\\_que\\_sometida\\_la\\_planta](https://www.ecured.cu/Aceite_de_girasol#Fases_a_la_que_sometida_la_planta)
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on Acrylamide in Food - EFSA Panel on Contaminants in the food Chain (CONTAM). *EFSA Journal*(no. 6:321).
- EL COMERCIO. (07 de 01 de 2014). En Ecuador se consumen 23 kilos de papa por persona, al año. *El Comercio*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/tag/magap/2>.
- EL TIEMPO. (02 de Marzo de 2003). Aceite de palma un alimento indispensable. Recuperado el 09 de 02 de 2019, de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-978456>

- ELSEVIER. (2015). Rapid methods for detecting acrylamide in thermally processed foods. *Food control*, 145.
- Espinal, C. F. (2006). *Cadena de la Papa Colombiana*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Fedepalma. (15-19 de Noviembre de 1986). (146). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/viewFile/4105/4096>
- fedepapa. (Diciembre de 2012). La papa, alimento esencial y saludable. (M. C. Sàenz, Ed.) *Revista Papa*(Nº 26). Recuperado el 22 de 11 de 2014, de <http://www.fedepapa.com/wp-content/uploads/pdf/revistas/ed26.pdf>
- Federación Colombiana de Productores de Papa. (2014). *fedepapa*, html. (FEDEPAPA, Productor) Recuperado el 03 de 11 de 2014, de <http://www.fedepapa.com/?s=&submit=Ir>
- Fellows, P. (2017). *Food Processing Technology*. U.S.A: Woodhead Publishing.
- Franco, I. A. (2011). *Alimentos Argentinos - MinAgri*. Recuperado el 29 de 06 de 2014, de [www.alimentosargentinos.gov.ar](http://www.alimentosargentinos.gov.ar): [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/aceites/Informes/AplicacionesAceitesGrasas\\_2011\\_11Nov.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/aceites/Informes/AplicacionesAceitesGrasas_2011_11Nov.pdf)
- García de la Cruz. (05 de 09 de 2017). *García de la Cruz*, online. Recuperado el 12 de 01 de 2019, de <http://www.aceitesgarciaidelacruz.com/puntos-de-humo-de-los-aceites-comestibles/>
- García Salcedo, A., Serna García, M., & López Valencia, J. (Agosto de 2012). *Scribd*. (M. Gómez, Ed.) Recuperado el 2014 de 11 de 18, de <http://es.scribd.com/doc/102546657/Analisis-Instrumental-Para-La-Determinacion-de-Textura-en-Seis-Varietades-de-Papas-Fritas-Comerciales>
- Garzón, A. (2014). *Evaluación de acrilamina en alimentos colombianos*. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el 19 de 12 de 2018, de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16060/GarzonBelenoAngelicaMaria2014.pdf?sequence=1>

Godnic, M. (05 de 06 de 2014). *Educapalimentos*. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de [http://educapalimentos.org/site2/archivos/actualidad\\_alimentaria/acrilam.pdf](http://educapalimentos.org/site2/archivos/actualidad_alimentaria/acrilam.pdf)

Gonzalez Flores , A. E. (2014). *Influencia del recubrimiento comestible y la temperatura en la transferencia de calor y de masa durante el freido por inmercion y la textura de trozos de BATATA* . Argentina : Universidad de Cordova .

Gutierrez Ballejo, L. (Enero de 2001). DIACOL CAPIRO PARA LA AGROINDUSTRIA. *CARE PERU*. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/2854/3/BVCI0002892.pdf>

Herrera, M., & Montesdeoca, F. (1998). *"El sub sector de la papa en el Ecuador Industrializacion de la papa INIAP"*. Recuperado el 22 de 11 de 2014

Hodge, J. (1953). Dehydrated foods - chemistry of browning reactions in model systems. En *Food Chem* (págs. 928-943).

Hodge, J. (1967). Origin of flavor in foods: Nonenzymatic browning reactions. . En *In Chemistry and Physiology of Flavors* (págs. 465 - 491). AVI Publishing Company, Inc.

INEC. (Octubre de 2011). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. *Boletín Agropecuario Mensual*(N° 15).

INEN. (08 de 1973). *GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 42:1973: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0042.1973.pdf>

INEN. (08 de 1973). *GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. DETERMINACION DEL INDICE DE YODO*. Instituto Ecuatoriano de

- Normalizaciòn*. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Tècnica Ecuatoriana NTE INEN 0037: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0037.1973.pdf>
- INEN. (04 de 1988). *Instituto Ecuatoriano de Normalizaciòn*. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Tècnica Ecuatoriana NTE INEN 1 639: <https://archive.org/stream/ec.nte.1639.1988#page/n1/mode/2up>
- INEN. (10 de 2010). *BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES. REQUISITOS*. Instituto Ecuatoriano de Normalizaciòn. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Tècnica Ecuatoriana NTE INEN 2 561:2010: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2561.2010.pdf>
- INEN. (05 de 2012). *ACEITE DE GIRASOL*. Instituto Ecuatoriano de Normalizaciòn. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Tècnica Ecuatoriana NTE INEN 26:2012: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/26-1.pdf>
- INEN. (2012). *ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA*. Instituto Ecuatoriano de Normalizaciòn. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Tècnica Ecuatoriana NTE INEN 0035:2012: [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/nte\\_inen\\_0035.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/nte_inen_0035.pdf)
- INEN. (04 de 2012). *GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. ACEITE DE PALMA (OxG) ALTO OLEICO. REQUISITOS*. Instituto Ecuatoriano de Normalizaciòn. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Tècnica Ecuatoriana NTE INEN 2421:2012: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/2421-2.pdf>
- Jiménez, S., Morales, F., Gema, L., & Marti, E. (2007). *Formaciòn de acrilamida dura nte el procesado y cocinado de aliment*. Madrid - España: Instituto del Frio Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- Kadam, S., & Wakier, B. (1991). Structure, nutritional composition and quality potato. *Ciencia Agraria* .

- Laboratorio de Geomàtica, U. F. (10 de 06 de 2014). CARTOGRAFIA BASE ANALOGICA DIGITAL 1:50000.
- Ledea Lozano, M. E. (10 de Julio de 2003). *Revista CENIC Ciencias Quimicas*, 35(1). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCQ/sites/default/files/articulos/CQ-2004-1-033-034.pdf>
- Leiva, F. (2006). "*Nociones de Metodologia de Investigacion Cientifica*" (Quinta Edicion ed.).
- Lercker, G., & Carrasco, A. (2000). *Proceso culinario de la fritura*. Madrid.
- López, A., & Alfaro, M. (2007). Acrilamida en alimentos de consumo humano. *Sanid Milit*, 61.
- M Olmo, R. (2017). *HyperPhysics*, online. (G. S. University, Productor) Recuperado el 12 de 01 de 2019, de Department of Physics and Astronomy: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/heatra.html>
- Masson, L., Muñoz, J. R., Romero, N., Conrado, C., Encina, C., Hernández, L., . . . Paz, R. (27 de 05 de 2017). *Acrilamida en patatas fritas*. Recuperado el 19 de 06 de 2014, de [http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/6054/Masson\\_Lilia.pdf?sequence=1](http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/6054/Masson_Lilia.pdf?sequence=1)
- Matthäus, B., Vosmann, K., & Haase, N. (2004). Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fatfrying of potatoes. *ur. J. Lipid Sci. Technol*, 106, 793, 801.
- Medina, G. (2012). *Aceites y grasas comestibles*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Meilgaard, M., Civille, G., & Carr, B. (2006). *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press.
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Food Science and Technology*, 364-373.

- Menacho , L. (2013). *Guía práctica de tecnología de aceites y grasas* . Chimbote.
- Mendez, C. (1995). "*Guia para elaborar diseños de investigacionen Ciencias Economicas, Contables y Administrativas*" (Segunda Edicion ed.).
- Montes O, N., Millar M, I., Provoste L, R., Martínez M, N., Fernández Z, D., Morales I, G., & Valenzuela B, R. (Octubre de 2015). Absorción de aceite en alimentos fritos. 89. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n1/art13.pdf>
- Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martinez, N., Fernández, D., Morales, G., & Valenzuela, R. (Octubre de 2015). *SciELO*. Obtenido de Scientific Electronic Library Online.
- Morales , F., Somoza , V., & Fogliano, V. (2012). Physiological relevance of dietary melanoidins. En *Amino Acids* (págs. 1097 - 1109).
- Morales, F., Gema Arribas, L., Jimenez Perez , S., Jimenez Navarro , P., Alarcon Serrano, E., Borge Larrañaga, J., & Maritin Gutierrez, J. (Mayo de 2008). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/49549/1/NOISI-14-2008-ALIMENTARIA-Acridamida-IMSP-IF.pdf>
- Moreno , J. D. (2009). *Calidad de la papa para industrialización*.
- Morón, J., Zamudio, J., López, R., & Tacanga, W. (2013). *Influencia de la temperatura y tiempo de fritura de papa (Solanum tuberosum) variedad Yungay en el color medido por visión computacional*. Trujillo - Perú: Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo). Obtenido de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/359>
- Mottram , D. S., Wedzicha , B. L., & Dodson, A. T. (2002). *Acrylamideis formed in the Maillard reaction*. Nature.
- Moyano, P., & Pedreschi, F. (2005). Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *LWT*, 599-604. Recuperado el 22 de 11 de 2014

- Muñoz, J. (2007). *Reducción del contenido de acrilamida en hojuelas de papas fritas por aplicación de pretratamientos y diferentes temperaturas de fritura*. Santiago de Chile, Chile. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Muñoz, M. (2014). Composición y aportes nutricionales de la papa. *Revista Agrícola* , 37.
- Nutricion y Alimentacion*, html. (s.f.). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de Nutricion y Alimentacion: <http://nutricion.nichese.com/girasol.html>
- Nutricion y Alimentacion*, html. (s.f.). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de Nutricion y Alimentacion: <http://nutricion.nichese.com/palma.html>
- Ñustez L, C. E. (Febrero de 2010). *Grupo de Investigacion en Papa*. Recuperado el 12 de 06 de 2014, de <http://www.papaunc.com/catalogo.shtml>
- Pantoja, M. (2013). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Ibarra, Imbabura, Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2642/1/03%20AGP%20166%20TESIS.pdf>
- Parsons, D. (2010). *Papas, Manual para Educacion Agropecuaria*. Mexico.
- Pearson, D. (10 de 15 de 2008). *Laboratorio de analisis de alimentos* . Obtenido de Determinación de humedad : <http://equipo5labalimentos.blogspot.com/2008/10/humedad.html>
- Pedreschi, F., & Moyano, P. (2006). Kinetics of oil uptake during frying of potato slices. Effect of pre-treatments. *LWT*, 285-291. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en el Ecuador* (INIAP/CIP ed.). Quito, Pichincha, Ecuador.
- Quilca , N. E. (2007). *Caracterización de la Papa para usos Futuros*.
- Ramírez, E. (15 de 05 de 2018). *La guía de las vitaminas* . Obtenido de Papas: beneficios para tu salud y datos nutricionales: <https://laguiadelasvitaminas.com/papas/>

- Reyes Loor, A. A. (2003). *Manual de Laboratorio de Bromatología de Balrosario*. S.A. ESPOL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24936/1/Practicas%20prof.pdf>
- Rincon M, S. M., & Martinez C, D. M. (30 de Julio de 2009). *Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria* (Vol. 30). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://temporal-fedepalma-ojs.biteca.com/index.php/palmas/article/viewFile/1432/1432>
- Rioseco, V. (1999). *Transferencia de materia y parámetros de calidad durante la fritura de papas pretratadas con una solución de NaCl*. Chile. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., & Dalla, R. (2009). Influence of frying conditions on acrylamide content and other quality characteristics of French fries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 582, 588.
- Ruano, J. F. (2006). *Distribución alimentaria en el Ecuador*. Quito. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Salgado, R. (13 de 02 de 2017). *Rafael Salgado Since 1875*. Obtenido de <https://rafaelsalgado.com/noticia/tipos-de-aceite/>
- Sanchez, C. (2003). *Cultivo y comercialización de la Papa*. Lima, Peru. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Sandua Macaya, L. (2018). *Aceites Sandua*. Recuperado el 09 de 02 de 2019
- SCRIBD Inc. (2019). *Determinación de acrilamida y metacrilamida mediante cromatografía líquida de alto rendimiento en fase normal y detección UV*. San Francisco, CA. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/361220309/determinacion-de-acrilamida>
- Segura A., M., Santos C., M., E., C., & Núñez, L. (Julio-Diciembre de 2006). *DESARROLLO FENOLÓGICO DE CUATRO VARIEDADES DE PAPA (Solanum tuberosum L.) EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÀ (CUNDINAMARCA)* (Vol. 6). Bogota, D.C, Colombia. Recuperado el 03 de

11 de 2014, de  
[http://www.papaunc.com/img\\_upload/951ebacca5a0f62db142d538917a4f68/Desarrollo\\_fenologico\\_de\\_4\\_variedades\\_1.PDF](http://www.papaunc.com/img_upload/951ebacca5a0f62db142d538917a4f68/Desarrollo_fenologico_de_4_variedades_1.PDF)

*Servicio Ecuatoriano de Normalizacion INEN*, online. (09 de 02 de 2019). Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/#>

Sherwood, S., & Pumisacho, M. (2002). *INIAP* (Primera ed.). (M. Pumisacho, & S. Sherwood, Edits.) Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>

Sowokinos, J. (1990). Stress - induced alterations in carbohydrate metabolism. *Ciencia Agraria* .

Stadler, R., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P., . . . Riediker, S. (2002). *Acrylamide from Maillard reaction products*. *Nature*. Recuperado el 22 de 11 de 2014

Suaterna Hurtado, A. C. (Mayo de 2009). *SciELO*. Obtenido de Scientific Electronic Library Online.

Taeymans, D., Wood, J., Ashby, P., Blank, I., Studer, A., Stadler, R., . . . Whitmore, T. (2004). *A review of acrylamide: an industry perspective on research, analysis, formation, and control*. *Food Science and Nutrition*. Recuperado el 22 de 11 de 2014

Terranova. (2001). *Produccion Agricola 2*. Bogota, Colombia: Terranova Editores LTDA. Recuperado el 22 de 11 de 2014

Tirado, D., Acevedo, D., & Guzman, L. (2012). *Freido por inmerción de los alimentos*. Cartagena - Colombia : Universidad de Cartagena .

Trincherro, J., Monti, M., & Ceroli, P. (2007). Características sensoriales de papas fritas en bastones. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 33-40. Recuperado el 22 de 11 de 2014

- UNAM. (2007). *Fundamentos y Técnicas de análisis de alimentos*. México: UNAM.
- Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). *Grupo de Investigación en Papa*. (Facultad de Agronomía) Recuperado el 03 de 11 de 2014, de <http://www.papaunc.com/catalogoExtendido.shtml?x=26>
- UPC. (13 de 07 de 2018). *Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible*. Obtenido de Aceite Vegetal: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/3.4.%20EI%20aceite%20vegetal.pdf;jsessionid=893FA2C7DAE6007A29F9E03350A3ED9B?sequence=6>
- Ureña, M., & D`Arrigo, M., Girón, O. (1999). *Evaluación Sensorial de los Alimentos, Aplicación Didáctica*. Lima Peru.
- Valdiviezo, N. (2014). *Análisis del Tipo de aceite y Tiempo de fritura en la Vida Útil del Snack de Malanga (Xanthosoma sagittifolium) procedente del Tena*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Valenzuela B, R., & Ronco M, A. (Marzo de 2007). *Revista Chilena de Nutricion*. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182007000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Valenzuela B, R., & Ronco M, A. (Marzo de 2007). *SciElo*. Recuperado el 14 de 06 de 2014, de ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS. ACRYLAMIDE IN FOOD: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182007000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Wedzicha, B., Dodson, A., & Mottram, D. (2002). *Acrylamide is formed in the Maillard*. Nature. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Zubeldia Lauzurica, L., & Gomar Fayos, J. (Agosto de 2007). *SciELO*. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-91112007000600012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112007000600012)

Zyzak, D., Sanders, R., Stojanovic, M., Tallmadge, D., Ebehart, L., Ewald, D., . . .  
Villagran, M. (2003). *Acrylamide formation*. J. Agric. Food Chemistry.  
Recuperado el 22 de 11 de 2014

# ANEXOS

## ANEXO 1. Análisis físico químicos de la materia prima (papa)



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.  
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	029- 2017
Análisis solicitado por:	Sr. Darwin Ortega
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	19 de octubre de 2017
Fecha de entrega informe:	27 de octubre de 2017
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica

#	Muestra
1	papa, variedad Diacol capiro

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Metodo de ensayo
Contenido de humedad	%	77,2	AOAC 925.10
Cenizas	%	2,18	AOAC 923.03
Extracto etéreo	%	0,02	AOAC 920.85
Acido Ascórbico	mg/100 g	25,4	AOAC 967.21
Fibra total B.S.	%	9,2	AOAC 978.10
Proteína B.S.	%	1,8	AOAC 984.13
Azúcares Reductores Totales	%	0,12	AOAC 906.04
Almidón	%	17,95	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



#### Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova. Barrio El Olivo  
Teléfono: (06)2997800  
Fax: Ext. 7711.  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

## ANEXO 2. Análisis físico químico de los aceites

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b> UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC. Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13 <b>FICAYA</b> <b>Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos</b>				
	Informe N°:	030- 2017			
	Análisis solicitado por:	Sr. Darwin Ortega			
	Empresa:	No aplica			
	Muestreado:	No aplica			
	Fecha de recepción:	19 de octubre de 2017			
	Fecha de entrega informe:	27 de octubre de 2017			
	Ciudad:	Ibarra			
	Provincia:	Imbabura			
	No. de Lote	No aplica			

#	Muestra
1	Aceites: Palma 70% - Girasol 30 %
2	Aceites: Palma 50% - Girasol 50 %
3	Aceites: Palma 30% - Girasol 70 %

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado			Metodo de ensayo
		1	2	3	
Densidad relativa	----	0,9071	0,9085	0,9099	INEN 35-2012
Índice de refracción	----	1,4630	1,4660	1,4688	INEN 42
Punto de nube	°C	11,0	10,8	8,0	INEN 1639

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

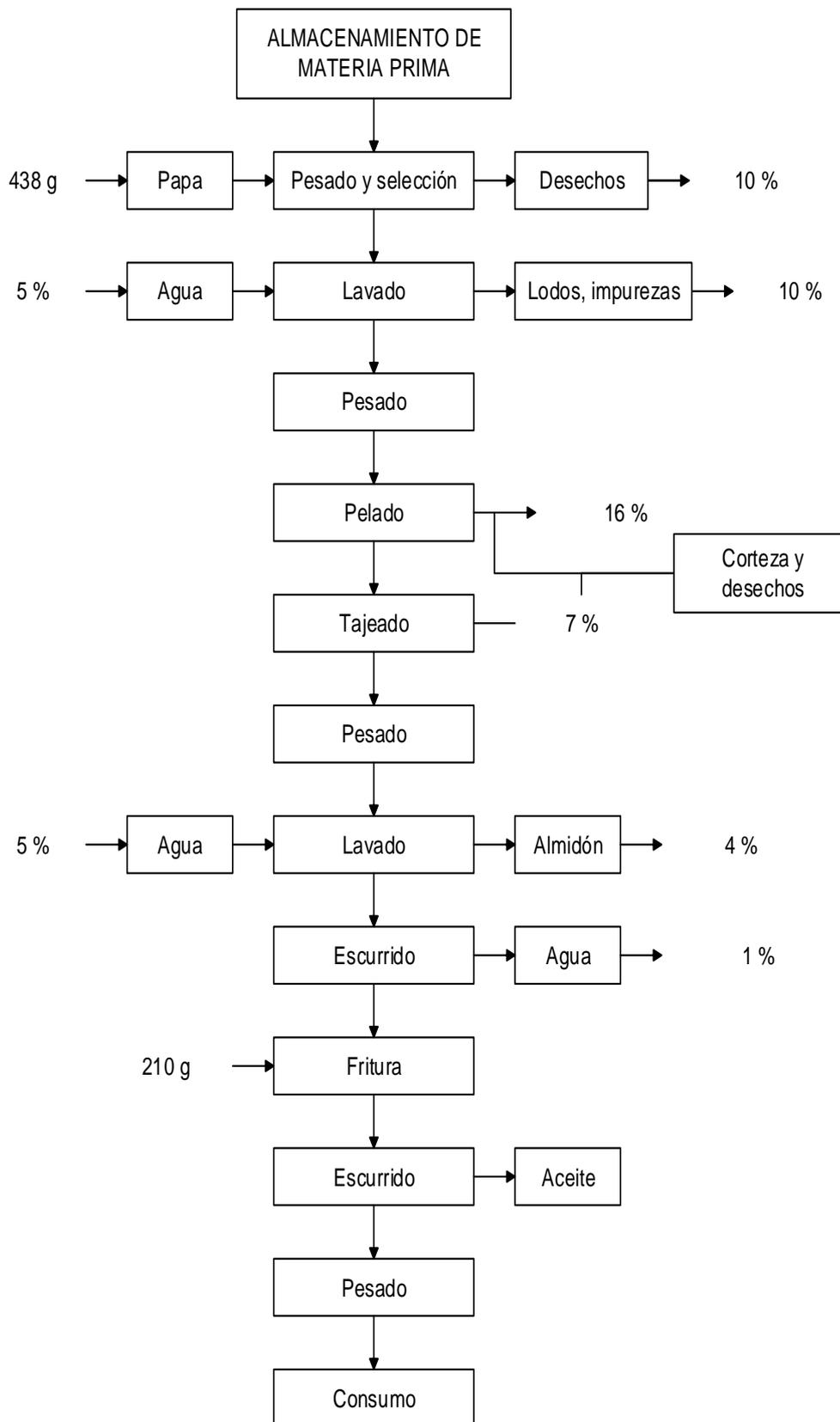
  
 Bioq. José Luis Moreno  
 Técnico de Laboratorio



Av. 17 de Julio S-21 y José María  
 Córdova Barrio El Olivo  
 Teléfono: (06)2997800  
 Fax: Ext 7711  
 Email: utn@utn.edu.ec  
 www.utn.edu.ec  
 Ibarra - Ecuador

**Visión Institucional**  
 La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

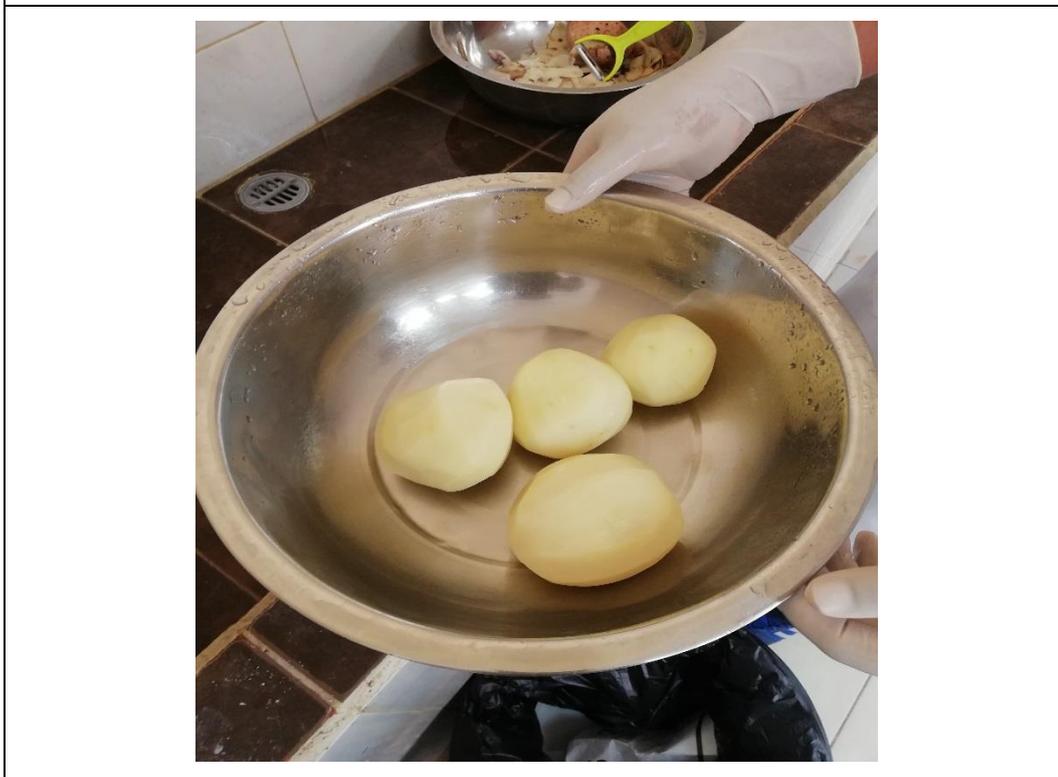
**ANEXO 3. Balance de materiales**



ANEXO 4. Fotografías del proceso



Materia prima (papa)



Pelado de la papa



Troceado y Lavado de la papa



Pesaje de la unidad experimental



Aceite de girasol y palma utilizado para la fritura de papa



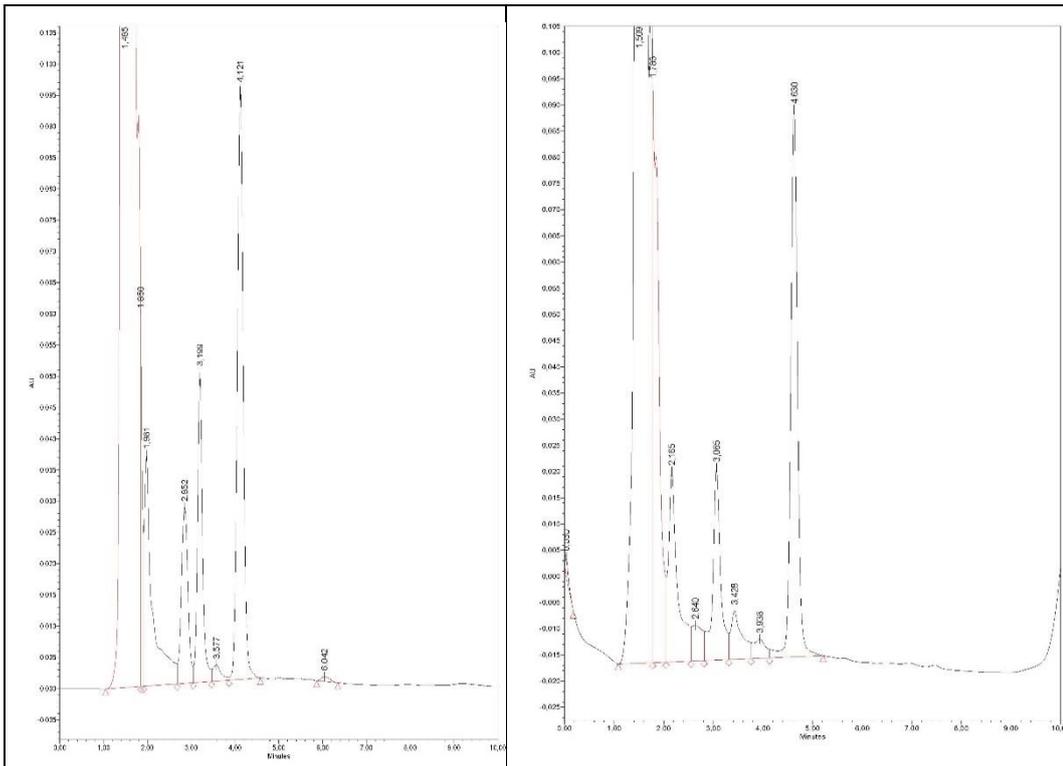
Fritura de la papa



Organización de las unidades experimentales



Interpretación de datos



Blank space between chromatograms.

Method:  Date/Time:

System:  Channel:

Component:  Time (min):

Equation:

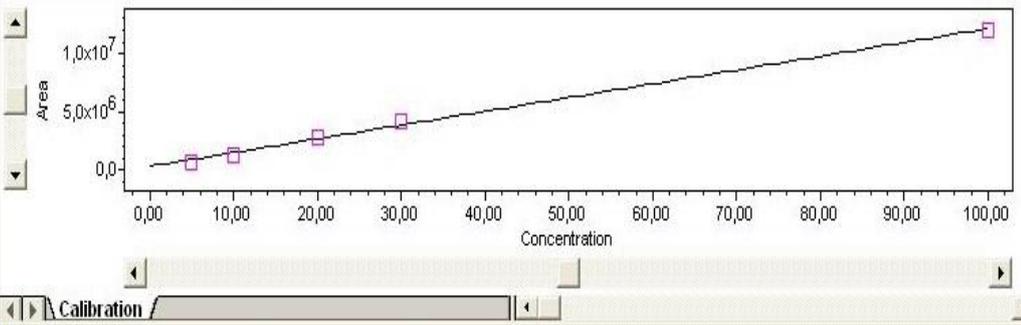
R<sup>2</sup>:  R:  Standard Error:

RSS:  RSD:  Weighting:

Codes:

RSD(E):

Norm Intercept/Slope:



## ANEXO 5. Determinación de peso final

**Tabla 28.** Datos del peso final de la papa frita

TABLA DE DATOS						
Nº	TRAT/REP.	I	II	III	SUMA TRAT	MEDIA
T1	A1B1	124	122	121	367,00	122,33
T2	A1B2	107	113	116	336,00	112,00
T3	A2B1	132	117	131	380,00	126,67
T4	A2B2	117	119	119	355,00	118,33
T5	A3B1	123	121	116	360,00	120,00
T6	A3B2	126	112	119	357,00	119,00
T7	Testigo 1	123	114	115	352,00	117,33
T8	Testigo 2	115	115	117	347,00	115,67
	<b>SUMA REP</b>	967,00	933,00	954,00	2854,00	118,92

**Tabla 29.** Análisis de varianza del peso final de la papa frita

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	Signif.	F. 5%	F. 1%
<b>Total</b>	23	767,83					
<b>Tratam.</b>	7	402,50	57,50	2,52	NS	2,66	4,03
<b>FA</b>	2	85,78	42,89	1,88	NS	3,63	6,23
<b>FB</b>	1	193,39	193,39	8,47	*	4,49	8,53
<b>I (AX B)</b>	2	72,44	36,22	1,59	NS	3,63	6,23
<b>T1 vs Otros</b>	1	46,72	46,72	2,05	NS	4,49	8,53
<b>T1 vs T2</b>	1	4,17	4,17	0,18	NS	4,49	8,53
<b>ERROR EXP.</b>	16	365,33	22,83				

CV: 4,02 %

\* : Significativo. -

\*\* : Altamente Significativo. -

NS: No significativo.-

**Tabla 30.** Prueba DMS al 5% para el factor B (temperatura de la papa frita) para la variable peso final de la papa frita

NIVEL	MEDIAS	RANGO
<b>B1</b>	123,00	<b>a</b>
<b>B2</b>	116,44	<b>b</b>

**ANEXO 6.** Determinación de la densidad de los aceites

**Tabla 31.** Datos de la densidad de los aceites

<b>DENSIDAD</b>						
<b>TABLA DE DATOS</b>						
<b>Nº</b>	<b>TRAT/REP.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>SUMA TRAT</b>	<b>MEDIA</b>
<b>T1</b>	A1B1	0,913	0,913	0,913	2,739	0,913
<b>T2</b>	A1B2	0,913	0,913	0,912	2,739	0,913
<b>T3</b>	A2B1	0,913	0,913	0,913	2,738	0,913
<b>T4</b>	A2B2	0,913	0,913	0,913	2,738	0,913
<b>T5</b>	A3B1	0,912	0,912	0,913	2,737	0,912
<b>T6</b>	A3B2	0,913	0,913	0,913	2,738	0,913
<b>T7</b>	Testigo 1	0,912	0,912	0,911	2,735	0,912
<b>T8</b>	Testigo 2	0,912	0,912	0,912	2,735	0,912
	<b>SUMA REP</b>	7,300	7,301	7,300	21,900	0,913

**Tabla 32.** Análisis de varianza de la densidad de mezcla de los aceites

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>Signif.</b>	<b>F.T 5%</b>	<b>F. 1%</b>
<b>Total</b>	<b>23</b>	0,00000827					
<b>Tratam.</b>	<b>7</b>	0,00000697	0,00000100	12,3233	**	2,66	4,03
<b>FA</b>	<b>2</b>	0,00000066	0,00000033	4,0687	*	3,63	6,23
<b>FB</b>	<b>1</b>	0,00000000	0,00000000	0,0069	NS	4,49	8,53
<b>I (AX B)</b>	<b>2</b>	0,00000012	0,00000006	0,7698	NS	3,63	6,23
<b>T1 vs Otros</b>	<b>1</b>	0,00000618	0,00000618	76,4966	**	4,49	8,53
<b>T1 vs T2</b>	<b>1</b>	0,00000001	0,00000001	0,0825	NS	4,49	8,53
<b>ERROR EXP.</b>	<b>16,00</b>	0,00000129	0,00000008				

**CV:** 0,03 %

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo

NS: No significativo

**Tabla 33.** Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable densidad de los aceites

<b>TRAT.</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>T1</b> A1B1	0,9131	a

<b>T2</b>	A1B2	0,9130	a
<b>T3</b>	A2B1	0,9128	a
<b>T4</b>	A2B2	0,9128	a
<b>T6</b>	A3B2	0,9127	a
<b>T5</b>	A3B1	0,9125	a
<b>T8</b>	Testigo 2	0,9117	<b>b</b>
<b>T7</b>	Testigo 1	0,9116	<b>b</b>

**Tabla 34.** Prueba DMS al 5% para el factor A (% de los tipos de aceite de palma y girasol) para la variable densidad

<b>NIVEL</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGO</b>
<b>A1</b>	0,9131	<b>a</b>
<b>A2</b>	0,9128	<b>a</b>
<b>A3</b>	0,9126	<b>a</b>

## GLOSARIO

**Ácidos grasos libres (AGL).**- Son ácidos grasos que tienen un grupo ácido pero que no están unidos a un alcohol.

**Aireación.**- Exposición a la acción del aire, ventilación.

**Almidón.**- Molécula natural formada por polisacáridos, de color blanco y aspecto granuloso.

**Ambiguo.**- Que puede entenderse de varios modos o admitir distintas interpretaciones.

**Antioxidantes.**- Que evita la oxidación.

**Bicolaterales.**- Presentan floema a ambos lados del xilema, hacia afuera y hacia adentro.

**Bocaditos.**- Pastel pequeño relleno de nata montada o crema.

**Calidad sensorial.**- Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una persona.

**Cancerígeno.**- Que causa o favorece el desarrollo del cáncer.

**Canopia.**- Es el dosel arbóreo, dosel forestal, techo o también "parte verde" de la planta.

**Caramelización.**- Es la oxidación del azúcar.

**Carcinogénico.**- O cancerígeno es un agente físico, químico o biológico potencialmente capaz de producir cáncer al exponerse a tejidos vivos.

**Carotenos.**- Hidrocarburo de color rojo anaranjado que forma parte del pigmento llamado clorofila.

**Células floemáticas.**- Células parenquimáticas que forman parte de los haces liberianos (floemáticos) y colaboran en el transporte radial de sustancias orgánicas.

**Chips.**- Patatas rebanadas en tiras largas y gruesas y fritas en aceite.

**Coagulación de las proteínas.**- Proceso irreversible y se debe a su desnaturalización por los agentes indicados.

**Cocción.-** Acción y resultado de cocer.

**Copos.-** Pequeñas porciones de algunos productos.

**Deshidratación.-** Pérdida o extracción del agua que contiene un cuerpo o un organismo.

**Diversificar.-** Hacer múltiple y diverso lo que era único y uniforme.

**Drenaje.-** Procedimiento empleado para desecar el terreno por medio de conductos.

**Enfermedades.-** Alteración de la salud.

**Epidemiológicos.-** Tratado que está centrado en las epidemias. Se trata de una disciplina de la ciencia dedicada al análisis de los causantes, los vínculos, la forma en que se distribuyen, la regularidad y el control de distintos factores que se asocian a la salud.

**Estearina.-** Sustancia blanca, insípida, de escaso olor, soluble solo en el alcohol hirviendo y en éter.

**Etérea.-** Del éter o relativo a él.

**Evaporación.-** Transformación de un líquido en vapor o gas.

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).**

**Fécula.-** Hidrato de carbono que se encuentra en semillas, tubérculos y raíces de muchas plantas.

**Follaje.-** Conjunto de hojas de los árboles y otras plantas.

**Fricción.-** Roce de dos cuerpos en contacto.

**Fritura.-** Conjunto de alimentos fritos.

**Gelificación.-** Es un proceso donde los componentes se estabilizan a temperatura ambiente mediante la adición de diversos agentes.

**Genética.-** Parte de la biología que estudia las leyes de la herencia y de todo lo relativo a ella.

**Genotóxico.-** Es la capacidad para causar daño al material genético por agentes físicos, químicos o biológicos.

**Glicerol.-** Líquido incoloro y espeso que forma la base de la composición de los lípidos.

**Gránulos.-** Bolita de azúcar y goma arábiga con una dosis muy pequeña de algún medicamento.

**Hidrocarburos.-** Cada uno de los compuestos químicos resultantes de la combinación del carbono con el hidrógeno.

**Hidrólisis.-** Descomposición de sustancias orgánicas e inorgánicas complejas en otras más sencillas por acción de agua.

**Hidroperóxidos.-** Los peróxidos orgánicos son compuestos orgánicos que contienen el grupo funcional peróxido (ROOR'). Si R' es hidrógeno, el compuesto es denominado un hidroperóxido orgánico.

**Impermeabilización.-** Preparación de un cuerpo para que no pueda ser penetrado por un líquido.

**In vitro.-** Se refiere a una técnica para realizar un determinado experimento en un tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo.

**Incompatible.-** Que no puede existir con otra persona o cosa.

**Industrialización.-** Aplicación de métodos o procesos industriales.

**International Agency for Research on Cancer (IARC).**

**La base Schiff.-** Es un grupo funcional que contiene un enlace doble carbono-nitrógeno, con el átomo de nitrógeno conectado a un grupo arilo o alquilo, pero sin hidrógeno.

**Materia orgánica.-** Es materia compuesta de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas y animales y sus productos de residuo en el ambiente natural.

**Mutaciones.-** Alteración producida en la estructura o en el número de los genes o de los cromosomas de un organismo vivo, que se transmite a los descendientes por herencia.

**Nativa.-** Relativo al país o lugar en que uno ha nacido.

**Neuropatía.-** Enfermedad que afecta al sistema nervioso.

**Neurotoxicidad.-** Conjunto de los efectos secundarios de un tratamiento sobre el sistema nervioso, que puede afectar al cerebro o a la médula espinal.

**No Observed Adverse Effectlevel.-** NOAEL.

**Oleína.-** Son los ácidos grasos líquidos obtenidos por fraccionamiento de los ácidos grasos totales procedentes del desdoblamiento de los sebos, mediante tratamientos físicos de separación adecuados.

**OMS.-** (Organización Mundial de la Salud).

**Oxidación.-** Transformación de un cuerpo por la acción del oxígeno o de un oxidante.

**Palatabilidad.-** (valor hedónico de los alimentos) es proporcional al placer que experimentamos al comer un alimento específico.

**Pardeamiento no enzimático.-** Es la reacción entre moléculas con un grupo amino y otras con un grupo carbonílico.

**Parénquima.-** Tejido vegetal esponjoso con grandes vacuolas y fuerte pared celular, que realiza funciones de fotosíntesis y de almacenamiento.

**Pellets.-** O **pelet** es una denominación genérica, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido.

**Peroxidación lipídica.-** O lipoperoxidación hace referencia a la degradación oxidativa de los lípidos.

**Peróxidos.-** Óxido que tiene la mayor cantidad posible de oxígeno de los de su serie.

**Plagas.-** Abundancia de algo que perjudicial.

**Polaridad.** - Es una propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas en la misma molécula.

**Poli fenol oxidasa (PPO).-** El enzima responsable del pardeamiento enzimático.

**Polimerización.-** Proceso químico por el cual, mediante el calor, la luz o un catalizador se unen varias moléculas de un compuesto para formar una cadena de múltiples eslabones de estas y obtener una macromolécula.

**Porosidad.-** Propiedad de los organismos y los cuerpos sólidos de tener poros.

**Presión de vapor.-** es la presión de la fase gaseosa o vapor de un sólido o un líquido sobre la fase líquida, para una temperatura determinada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas.

**Procesada.-** Someter una cosa a un proceso de elaboración o de transformación.

**Procesos.-** Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.

**Proliferación.-** Multiplicación abundante de alguna cosa.

**Pulpa.-** Masa carnosa y tierna de las frutas o legumbres, parte interior comestible de estas.

**Punto de nube.-** Es la temperatura a la cual se comienzan a formar los primeros cristales de parafinas en el crudo muerto a presión atmosférica.

**Puré.-** Crema espesa hecha con legumbres, patatas u otros alimentos una vez cocidos y triturados.

**Roedores.-** Orden de mamíferos caracterizados por poseer un único par de dientes incisivos de gran tamaño, de crecimiento continuo.

**Shortenings.-** Mantequilla, manteca de cerdo, o de otro tipo de grasa, que se utiliza en una masa, mezcla de la torta, etc, para hacer la mezcla.

**Solubilidad.-** Cantidad de soluto que a una temperatura determinada puede diluirse en un disolvente para formar una disolución saturada.

**Sustancias.-** O substancia es toda porción de materia que comparte determinadas propiedades intensivas.

**Textura.-** Disposición que tienen entre sí las partículas de un elemento, sensación que produce al tacto una determinada materia.

**Toxicológicos.-** Es una ciencia que identifica, estudia y describe, la dosis, la naturaleza, la incidencia, la severidad, la reversibilidad y, generalmente, los mecanismos de los efectos tóxicos que producen los xenobióticos que dañan el organismo.

**Transferencia de calor.-** Es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura.

**Triglicéridos.-** Compuesto químico, éster de la glicerina o de los ácidos grasos, que se halla en la naturaleza.

**Tubos cribosos.-** Corresponde a una serie de células que funcionan como el principal conductor del floema.

**Volátil.-** Líquido que se volatiliza rápidamente al estar destapado.

S