



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL
LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias
de la Producción**

**“Validación del proceso de fritura para inhibir el
desarrollo de acrilamida en papas (*Solanum tuberosum*)
fritas elaboradas en un establecimiento de comida informal
en el centro de la ciudad de Quevedo”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN GESTIÓN DE PROCESOS Y
SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS**

Presentada por:

Alexa del Carmen Castro Crespo

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

AGRADECIMIENTO

A Dios por la sabiduría otorgada, a mis Padres que han sido mi apoyo incondicional y quienes fomentaron en mí siempre el deseo de superarme, a mi hermana quien celebra cada triunfo conmigo, a mi abuela por sus oraciones y amor. A mi tutora la M.Sc. Leyla Solorzano por la dirección del proyecto, deseo extender de igual manera mis agradecimientos sinceros a las personas que se sumaron a esta investigación. La Ing. Lourdes Ramos, el Ing. Javier Garofalo y a la Sra. Mery, quien me dio ingreso a su establecimiento.

Dios los bendiga.

DEDICATORIA

La presente investigación de este trabajo está dedicada especialmente con mucho amor a mis padres, los amo, a mi hermana por ser mi amiga y compañera, a mi hermosa abuela por ser mi guía espiritual con sus oraciones y a mi novio por sus palabras de motivación.

A ustedes les dedico este triunfo, siempre están en mis oraciones, Dios los bendiga siempre.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Leyla Solórzano M.Sc.

DIRECTORA DE PROYECTO

**Patricio Javier Cáceres
Costales, Ph.D.**

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Alexa del Carmen Castro Crespo

RESUMEN

El presente estudio consistió en implementar un plan de mejoramiento para inhibir el desarrollo de acrilamida en papas fritas tipo bastón que fueron elaboradas en un establecimiento de alimentos informal ubicado en el centro de la ciudad de Quevedo.

El establecimiento de comida informal es un lugar donde se expende papas fritas tipo bastón, a través de un proceso de fritura convencional y artesanal, sin controles de tiempo de y temperatura. Los procesos de almacenamiento, pre-fritura y fritura del producto no tienen ningún registro y control.

El objetivo del presente estudio fue evaluar las condiciones actuales del proceso de fritura con los parámetros de tiempo y temperatura de cocción. Adicionalmente realizar e implementar una propuesta de mejora para este proceso. Finalmente, cuantificar y verificar el contenido de acrilamida que está presente en las papas fritas luego de implementar la mejora.

El plan de mejora con la metodología de PDCA (planificar, hacer, verificar y actuar), permitió identificar las actividades susceptibles a mejorar. Se realizaron los cambios, se implementó y se comprobó el funcionamiento comparando con la información inicial.

Los resultados que se obtuvieron, con el plan de mejora, permitieron evidenciar la reducción del contenido de acrilamidas en las papas fritas tipo bastón, en un 65%, permitiendo cumplir con la normativa europea.

Con este estudio, se demostró que la implementación de un plan de mejora desarrollado en el proceso de fritura de papas fritas, tomando en cuenta la temperatura y tiempo de fritura, permite la disminución del contenido de acrilamidas, y de esta forma contribuir a cuidar y mantener la salud pública.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	III
SIMBOLOGÍA	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
CAPÍTULO 1	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema	1
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Estado de la situación actual	4
CAPÍTULO 2	6
2. LAS ACRILAMIDAS	6
2.1. Definición	6
2.2. Formación de acrilamida	6
2.3. Efectos tóxicos de la acrilamida	7
2.4. Métodos de detección	7
2.5. Método basado en la cromatografía de gases con detector de captura	8
2.6. Marco legal	8
2.7. Normativa vigente Ecuatoriana	8
CAPÍTULO 3	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1. Diseño de la investigación.....	9
3.2. Materiales	9
3.3. Identificación de las partes del proceso.....	9
3.4. Muestreo.....	9
3.5. Recolección de muestras	9
3.6. Variables.....	10
3.7. Contenido de acrilamidas.....	10
3.8. Plan de mejora	10
3.9. Procesamiento y análisis de la información	10
CAPÍTULO 4	11
4. RESULTADOS	11
4.1. Análisis situación inicial.....	11
4.2. Plan de mejora	13
4.2.1. Planificar	13
4.2.2. Hacer	14
4.2.3. Verificar.....	14
4.2.4. Actuar	16
CAPÍTULO 5	18
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
5.1. Conclusiones	18
5.2. Recomendaciones.....	18
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ABREVIATURAS

(LC-MS/MS) espectrometría de masas en tándem

AA acrilamida

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
ug kg ⁻¹	microgramos por kilogramo

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1. Valores de acrilamida por temperatura de aceite en proceso de fritura de papas tipo bastón recolectadas en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.	13
Figura 4.2. Valores de acrilamida por temperatura de aceite en proceso de fritura de papas tipo bastón recolectadas después de actividades de mejora en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.....	15

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Variables registradas en establecimiento de comida que prepara papas fritas en el centro de la ciudad de Quevedo.....	12
Tabla 2. Valores de acrilamida en muestras de papas fritas tipo bastón recolectadas en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.....	12
Tabla 3. Variables registradas luego de implementar las mejoras en establecimiento de comida que prepara papas fritas en el centro de la ciudad de Quevedo.....	15
Tabla 4. Valores de acrilamida en muestras de papas fritas tipo bastón recolectadas después de actividades de mejora en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.....	16
Tabla 5. Comparación de variables evaluadas antes y después de la implementación del plan de mejora en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.....	17

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

A nivel mundial, organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y los comités científicos asesores del Reino Unido han evaluado los riesgos que plantea el consumo de acrilamida por procesos alimenticios (Food and Drug Administration, 2022).

La formación de la acrilamida se da durante la cocción a temperaturas altas. El agua, azúcar y los aminoácidos de los alimentos se combinan dando el sabor, textura, color y olor característico. Este proceso se denomina la reacción de Maillard. A mayor tiempo de cocción formará más acrilamida a diferencia de tiempos de cortos y temperaturas bajas (De Meulenaer, Medeiros, & Mestdagh, 2016).

Varios estudios determinan que la acrilamida es cancerígena en los roedores y es considerada como probable carcinógeno humano. Por ello, las autoridades y la industria piden soluciones para la formación de acrilamida, ya que todavía no están establecidos valores límites legales en cada uno de los alimentos. El mayor porcentaje de exposición a la acrilamida procede de los productos derivados de la papa, el café, los productos de panadería y el chocolate. La acrilamida se forma durante el procesamiento industrial de productos como la papa (Agency, 2021; Center for Foodborne Illness Research and Prevention, 2021).

La industria alimentaria ha realizado un gran trabajo para identificar y aplicar medidas de reducción de la cantidad de acrilamida presente en los alimentos. Esto incluye la elaboración de orientaciones y nuevos protocolos sobre las formas de limitar la formación de acrilamida en alimentos y sus procesados (Israilides & Theodoros, 2015).

La legislación exige ahora a los operadores de empresas alimentarias que implementen medidas sencillas y prácticas, así como mejorar sus procesos para reducir la acrilamida. El mejorar un sistema de gestión de la seguridad alimentaria, permite generar un producto de calidad, incluyendo el abastecimiento de ingredientes y el almacenamiento adecuado. Sin embargo, en centros de comida rápida informales también se deben aplicar normas y mejorar los procedimientos de procesamiento de sus alimentos. Por lo que, es necesario establecer un proceso de fritura adecuado, determinando la temperatura y su tiempo de cocción óptimo con el fin de inhibir el desarrollo y presencia de altos contenidos de acrilamida en papas fritas, especialmente elaboradas en establecimientos de comida informal que se presentan muy a menudo en el centro de la ciudad de Quevedo.

1.2. Problema

En los últimos tiempos, factores económicos y socioculturales han producido grandes cambios significativos especialmente cuando se trata de hábitos alimentarios de forma

general. Los estilos de vida, la falta de tiempo y aperitivos de fácil acceso han contribuido a una mayor dependencia de los servicios de suministros de alimentos. Siendo una alternativa las opciones de comida o alimentos rápidos, los mismos que se han consolidado entre ciertos grupos de población (González, Navarro, & Ronco, 2021).

A nivel mundial, los alimentos de comida rápida, son los más consumidos por la población. Su importancia radica en que se representa unos de los productos más consumidos, por ejemplo, en México en el año 2015 el promedio de consumo de papas fritas al año fue de 157 toneladas. En el Ecuador se reporta que se consumen aproximadamente 23 kilos de papa por persona anualmente y de este consumo el 10% es procesado por fritura (Villacrés-Poveda, Zurita-Sorrososa, Samaniego-Maigua, & Angós-Iturgaiz, 2020).

Las papas fritas tienen un procesamiento de tipo fritura la cual es un método de cocción muy utilizado para preparar aperitivos de buen sabor y crujientes. Las papas fritas son rodajas finas cuyo contenido de humedad disminuye de alrededor del 80% a casi el 2% cuando se fríen. Sin embargo, es necesario conocer que la acrilamida, se forma en las papas durante la fritura y está muy relacionado con el color de las mismas, es crítico para la salud humana, ya que está considerado como un posible agente cancerígeno (Pedreschi, Granby, & Risum, 2010).

Se conoce que la acrilamida es un contaminante químico, producto resultante de un proceso. Su presencia en el consumo de alimentos aumenta el riesgo de que una persona pueda desarrollar cáncer, independientemente de la edad del consumidor. La exposición dietética a la acrilamida es un hecho transversal, ya que está contenida en muchos tipos de alimentos, independientemente del ámbito de producción (industrial, doméstico o de restauración). En la última década, la industria alimentaria ha puesto en marcha estrategias para reducir su impacto, especialmente en los productos con mayor probabilidad de generar niveles críticos de acrilamida (González-Mulero, Mesías, Morales, & Delgado-Andrade, 2021).

Hace algunos años anteriores se realizó el descubrimiento de la presencia de acrilamida en alimentos de consumo humano diario. Demostrando hasta la actualidad que este compuesto es un carcinógeno para los roedores y es una neurotoxina para el ser humano (Becalski, Lau, Lewis, & Seaman, 2003).

Estudios han demostrado que la formación de acrilamida se atribuye a la reacción de Maillard, que es una interacción que se da entre el grupo amino del aminoácido libre asparagina y los grupos carbonilo de los azúcares reductores como la glucosa y la fructosa, con condiciones de temperaturas más altas y con bajos contenidos de humedad (González et al., 2021; Masson et al., 2007).

Actualmente se han desarrollado métodos para determinar la presencia de acrilamida en alimentos ricos en carbohidratos tratados térmicamente. Uno de estos métodos es por cromatografía de gases y captura de electrones (CG-CDE), basada en la bromación de la acrilamida doblemente unida (Masson et al., 2007).

En el método EPA 8032a, la acrilamida se analiza mediante cromatografía líquida ya que determina pequeñas cantidades de este compuesto mediante matrices acuosas.

Este método puede ser utilizado ampliamente para la detección de acrilamida en papas fritas (Gökmen, Şenyuva, Acar, & Sarioğlu, 2005).

Las papas fritas que se consumen y comercializan en establecimientos de comida informal se presentan a nivel nacional, especialmente en el centro de la ciudad de Quevedo. Sin embargo, debido al tipo de procesamiento del alimento (tiempo-temperatura) que realizan para freír las papas, es importante conocer si estos productos que se comercializan poseen acrilamida y ser altamente perjudiciales por la toxicidad que puede provocar y afectar a la salud de los consumidores.

1.3. Justificación

La seguridad alimentaria es uno de los ámbitos prioritarios de las políticas a nivel mundial. Más allá de proporcionar todos los nutrientes, los alimentos deben estar libres de cualquier contaminante que pueda provocar, a corto o largo plazo, una enfermedad o toxicidad. Los productos de papas, como las papas fritas, se encuentran entre los alimentos que contienen mayores cantidades de acrilamida.

La concentración de acrilamida en varios tipos de alimentos va a depender de la composición de los mismos (alto contenido de almidón, sacáridos reducidos, presencia de aminoácidos, especialmente asparagina, contenido de agua), métodos de cocción, temperatura y duración de los procesos de calentamiento (horneado, fritura y asado). Sin embargo, varios estudios han demostrado que su consumo puede tener posibles efectos cancerígenos. La acrilamida al ser compuesto orgánico de este tipo debe ser analizado periódicamente por las entidades responsables de la seguridad de los consumidores.

El conocer el contenido presente de acrilamida permite la posibilidad de aplicar medidas correctoras cuando sea necesario, dirigidas a reducir su nivel especialmente en establecimientos de comida rápida que presentan alto flujo de consumidores. Por tal razón, la presente investigación determinó la cantidad de acrilamida en muestras de papas fritas consumidos en un establecimiento de comida informal en la ciudad de Quevedo mediante un método de cromatografía de gases y a su vez, establecer una propuesta de mejora de diseño para inhibir la formación de acrilamida.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Validar el proceso de fritura para inhibir el desarrollo de acrilamida en papas fritas elaboradas en un establecimiento de comida informal en el centro de la ciudad de Quevedo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las condiciones actuales del proceso de fritura con los parámetros de tiempo y temperatura de cocción.
- Establecer una propuesta de mejora en el proceso de fritura utilizando como parámetro de control acrilamida.
- Implementar la propuesta de mejora en el proceso de fritura para la inhibición de acrilamida.
- Cuantificar el contenido de acrilamida en muestras de papas fritas después de la implementación de la propuesta de mejora.

1.5. Estado de la situación actual

En el año 2002, se descubrió la presencia de acrilamida en alimentos. Las empresas alimentarias y los investigadores de todo el mundo han llevado a cabo importantes actividades de investigación que han dado lugar a más miles de publicaciones, en las que se investigan los mecanismos de formación, la cinética, la presencia y la exposición, la toxicología y las estrategias de mitigación (Knight et al., 2021).

La información recopilada en bases de datos condujo al Reglamento de la Comisión (UE) 2017/2158 que establece medidas de mitigación y niveles de referencia para la reducción de la presencia de acrilamida en alimentos. Entre otras, en la medida de lo posible, las estrategias de control y mitigación propuestas fueron la selección de materias primas basadas en los niveles de azúcares reductores, la reevaluación de las prácticas agronómicas, las condiciones de procesamiento y/o almacenamiento de las materias primas, así como establecer estrategias de reformulación que incorporan agentes mitigadores de la acrilamida (Commission Regulation, 2017). En los últimos años, se ha informado de varias precauciones para mitigar la formación de este compuesto en los alimentos procesados por calor (Pedreschi, Moyano, Kaack, & Granby, 2005).

Aparte de la mejora del almacenamiento de materias primas y la optimización del proceso de calentamiento, los aditivos alimentarios exógenos, como el ácido cítrico y la glicina, la vitamina, la taurina, el ácido rosmarínico, el polifenol, el NaCl y la asparaginasa, también han demostrado un buen potencial para reducir la formación de acrilamida (Liu, Li, & Yuan, 2020; Palazzoğlu, Savran, & Gökmen, 2010; Pedreschi et al., 2007).

En el Ecuador existe pocos estudios que se han realizado, con el fin de determinar la presencia de acrilamida en alimentos. El estudio de Gutiérrez, 2019, menciona que al determinar los diferentes factores que conducen a la formación de acrilamida en papas fritas, las mezclas de los aceites y las temperaturas de fritura influyen en el contenido de la cuantificación de acrilamida (Gutiérrez, 2019).

El estudio de Villacrés et.al., determinaron que el método de la fritura confiere características típicas del aroma, sabor y textura a las papas fritas. Sin embargo, este proceso que se utiliza altas temperaturas produce la formación de acrilamida superando los niveles permisibles para el consumo (Villacrés-Poveda et al., 2020).

Sin embargo, el estudio de Estrada, en el 2021 evalúa la cuantificación de acrilamida en papas fritas en diferentes puestos de comida rápida. El estudio fue realizado en la ciudad de Guayaquil, y menciona que al comparar los resultados obtenidos con estándares internacionales como es el Reglamento (UE) 2017/2158, obtuvieron valores dentro del rango permitido siendo aceptables para el consumo humano (Estrada Salazar, 2021).

CAPÍTULO 2

2. LAS ACRILAMIDAS

2.1. Definición

La acrilamida (AA) se encuentra principalmente en alimentos vegetales calentados, como las papas, los cereales y los productos de panadería. La principal vía de formación es la reacción de Maillard, pero también existen otras vías menos significativas para su formación. En esta reacción se conoce que las melanoidinas son el principal producto. Estos polímeros son de color marrón dando un valor significativo para la aceptación del consumidor en este tipo de alimentos (Gökmen & Şenyuva, 2006).

La acrilamida puede formarse en los alimentos calentados por varios factores como es la conversión de la acroleína, el ácido acrílico, el gluten de trigo o por desaminación de la 3-aminopropionamida o como resultado de la descarboxilación enzimática de la asparagina (Michalak, Czarnowska-Kujawska, & Gujska, 2019).

La estimación de la presencia de acrilamida es una gran preocupación en muchos países. Factores pueden influir en la presencia de acrilamida como por ejemplo las diferencias en la composición de los alimentos en cuanto a hidratos de carbono, asparagina libre, azúcares reductores, bicarbonato amónico, aminoácidos competidores y contenido de agua, junto con la temperatura (más de 120 °C) y valores de pH.

Por otra parte, la concentración de este compuesto detectada en alimentos que son frecuentemente calentados es el resultado de la formación y degradación simultáneas. A temperaturas más altas y con un tiempo de procesamiento prolongado, el contenido de acrilamida parece disminuir en los sistemas alimentarios. Esta reducción se ha atribuido a la tasa predominante de degradación de la acrilamida frente a la tasa de su formación durante la fritura.

2.2. Formación de acrilamida

La vía de formación de acrilamida es a través de la reacción entre la asparagina libre y los azúcares reductores. El glucoconjugado de la asparagina y el azúcar se somete a una degradación de tipo Strecker que da lugar a azomethina, que dan lugar a la acrilamida tras una reacción de eliminación del compuesto descarboxilado de Amadori (Foot, Haase, Grob, & Gondé, 2007).

La formación de AA se produce a altas temperaturas, normalmente por encima de 120°C, y con un bajo contenido de humedad. Por lo tanto, la acrilamida se encuentra principalmente en los alimentos procesados con calor después de freír y asar. La concentración de AA en las muestras de alimentos depende básicamente de la composición específica del alimento, la temperatura de procesamiento y el tiempo que la utilizan para su cocción (Hai et al., 2019).

Investigaciones más detalladas realizadas por Schieberle y sus colaboradores demostraron la importancia de un protón en la formación de los correspondientes

compuestos vinílicos, debido a que otros precursores como la 3-aminopropionamida (3-APA) son intermediarios transitorios claves, para que la acrilamida proporcione una reacción de desaminación impulsada térmicamente con un rendimiento muy elevado (Granvogl et al., 2004).

2.3. Efectos tóxicos de la acrilamida

La AA es un compuesto químico considerado como tóxico y peligroso. La contaminación del medio ambiente por acrilamida y su presencia en altas concentraciones en algunos productos alimenticios tratados térmicamente puede tener efectos nocivos para la salud humana. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó a este compuesto como probablemente cancerígena para el ser humano, ubicándolo en el grupo 2A (Bušová, Bencko, Kromerová, Nadjo, & Babjaková, 2020).

Esta misma agencia también la considera neurotóxica para los seres humanos. Varios estudios han sido realizados por diferentes institutos como el Centro de Seguridad Alimentaria y Nutrición Aplicada y la Organización Mundial de la Salud (OMS) que determinan el nivel de acrilamida en los alimentos disponibles en el mercado. El contenido de AA en alimentos como frituras varía entre 170 y 3700 ppb (Granda & Moreira, 2005), por lo que es necesario hacer realizar investigaciones y estudios para determinar la cantidad permitida de este compuesto en alimentos.

El estudio de Friedman informó de tres efectos adversos principales en animales, neurotoxicidad, toxicidad para el desarrollo y carcinogenicidad. La neurotoxicidad parece ser el único efecto documentado de la acrilamida en los estudios epidemiológicos en humanos; la toxicidad reproductiva, la genotoxicidad/clastogenicidad y la carcinogenicidad son riesgos potenciales para la salud humana basándose únicamente en estudios en animales. (Friedman, 2003).

La acrilamida es rápidamente absorbida por los seres humanos y los animales tras su ingestión y se distribuye en diferentes órganos como el timo, el hígado, el corazón, el cerebro y los riñones. *In vivo*, tanto la acrilamida como su metabolito, el epóxido glicidamida, pueden unirse a las albúminas séricas, la hemoglobina, incluso modificar regiones del ADN y las enzimas (Hu et al., 2014).

2.4. Métodos de detección

La detección de AA en alimentos cocinados, ricos en carbohidratos, ha suscitado una atención considerable en todo el mundo, ya que se sabe que la acrilamida es una neurotoxina y una genotoxina (Kalita & Jayanty, 2013). La fiabilidad de la medición de la AA en los alimentos es muy importante, ya que es esencial para que los organismos gubernamentales y las industrias alimentarias tengan la responsabilidad de proteger a los consumidores dando una correcta seguridad alimentaria (Kim et al., 2010).

La cuantificación de AA en los alimentos es un reto a nivel mundial y local, especialmente por sus características como su bajo peso molecular, alta polaridad, buena solubilidad en agua, alta reactividad y baja volatilidad. El principal problema para la cuantificación en sistemas complejos, como los alimentos, son los compuestos que

interfieren en la detección debido al efecto matriz, y sus pérdidas durante la extracción y la preparación de la muestra. En la actualidad, varios laboratorios se utilizan la cromatografía de gases y la cromatografía de líquidos (Michalak et al., 2019).

2.5. Método basado en la cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC-ECD)

En lo que respecta a la cuantificación de este compuesto, los métodos ya disponibles emplean en su mayoría GC-MS o LC-MS/MS tras la aplicación de procesos de preparación de muestras de varios pasos (Fernandes & Soares, 2007). Estos instrumentos muestran una precisión y exactitud adecuadas para la cuantificación de la acrilamida. Sin embargo, su desventaja principal es el alto costo y mantenimiento para realizar este tipo de pruebas (Ghiasvand & Hajipour, 2016).

Por otro lado, este método permite realizar una cuantificación de este tipo de compuesto ya que hoy en día se tiene un gran interés por las comidas rápidas fritas y muchos laboratorios de control de calidad de los alimentos tienen que utilizar técnicas para determinar la acrilamida.

2.6. Marco legal

El Reglamento (UE) 2017/2158 de la Comisión de 20 de noviembre de 2017 (ANEXO A), establece medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la presencia de acrilamida en los alimentos, con el fin de proteger a los consumidores del consumo de acrilamida, así como controlar los peligros que pueden ocasionar o estar expuestos. En el Anexo IV, se indican y mencionan los niveles de referencia de presencia de acrilamida en papas fritas listas para consumir, en un valor de 500 ug kg^{-1} (Commission Regulation, 2017).

El Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) emite a nivel general criterios de seguridad y medidas especialmente que limiten la exposición a acrilamida producida por la fritura de papas, así como medidas para reducir su presencia en alimentos (Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, 2017).

2.7. Normativa vigente Ecuatoriana

El Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, establece el Código de Práctica Ecuatoriana (CPE INEN-CODEX CAC/RCP 67) (ANEXO B), referente al Código de Práctica para reducir la cantidad de acrilamida en alimentos, basándose en el Reglamento (UE) 2017/2158 de la Comisión de 20 de noviembre de 2017. El CPE INEN-CODEX CAC/RCP 67, tiene como finalidad de orientar a los fabricantes en la prevención y reducción de la formación de Acrilamidas en productos de papas y cereales. Cuenta con tres estrategias importantes que se deben tomar en cuenta: materia prima, control o adición de otros ingredientes, la elaboración y el tratamiento térmico que se realiza a los alimentos (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño de la investigación

El presente estudio es una investigación de tipo longitudinal y no experimental, con el cual se buscó determinar los niveles de Acrilamida en un establecimiento de comida del centro de la Ciudad de Quevedo.

3.2. Materiales

En el estudio se utilizó: aceite vegetal, el medidor de temperatura para líquidos y aceites, fundas de plástico y etiquetas.

3.3. Identificación de las partes del proceso

En el establecimiento de comida del centro de la Ciudad de Quevedo se realizó un diagnóstico e identificación del proceso de fritura de papas fritas tipo bastón (ANEXO C). En base a esta información se expuso el plan de mejora (ANEXO D).

3.4. Muestreo

Las muestras que se utilizaron en el presente estudio provinieron de un establecimiento de comida informal en donde preparan papas fritas, localizado en el centro de la ciudad de Quevedo.

3.5. Recolección de muestras

Para el presente estudio se realizaron los muestreos en dos momentos. El primer muestreo, fue al inicio del estudio, recolectando una muestra de la papa frita tipo bastón preparada de la forma tradicional y rutinaria en el establecimiento. Adicionalmente, se realizó un muestreo al momento del cambio del aceite o finalización de la jornada laboral.

El segundo muestreo, se lo realizó al momento que se implementó la propuesta de mejora para la fritura de papas fritas tipo bastón. De igual manera, se realizó un muestreo al inicio de la preparación y al momento del cambio de aceite, luego de tres frituras en el mismo aceite.

La recolección de las muestras tanto al inicio como a la finalización del estudio se realizó durante 3 días, obteniéndose un total de 12 muestras.

Cada muestra estuvo conformada por 250 g de papas fritas tipo bastón y fueron coladas en fundas ziplock. Las fundas fueron debidamente rotuladas e identificadas; y

posteriormente almacenadas en refrigeración, hasta que se realizó el envío de la totalidad de las muestras al laboratorio.

3.6. Variables

Al inicio del estudio, se registró las variables independientes que se utilizaron para la fritura de papas tipo bastón, en las cuales se consideró: variedad de papa, origen de la papa, tipo de pelado, humedad de la papa, almacenamiento pre-fritura, tipo de aceite, temperatura de aceite para fritura, tiempo de fritura, número de frituras realizadas en el aceite. Esta información sirvió para realizar el plan de mejora.

La variable dependiente que se evaluó fue el contenido de acrilamidas, y se expresó en $\mu\text{g kg}^{-1}$.

3.7. Contenido de acrilamidas

Las muestras se enviaron al Laboratorio donde se realizó el estudio de los niveles de acrilamida mediante el método EPA 8032a. Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC-ECD).

El método EPA 8032a se basó en la bromación del doble enlace de la acrilamida. El producto de la reacción (2,3-dibromopropionamida) se extrae de la mezcla de reacción con acetato de etilo en presencia de sulfato sódico como agente de fuerza iónica (Junta de Andalucía, 2016).

3.8. Plan de mejora

Para el plan de mejora se utilizó la metodología del ciclo PDCA (García, Quispe, & Ruez, 2003), que constó de cuatro etapas que son planificar, hacer, verificar y actuar. Con la etapa de planificar, se buscó las actividades susceptibles de mejora; en la etapa de hacer: se plasmó los cambios para implementar la mejora del proceso; la etapa de verificar: consistió en la verificación del correcto funcionamiento; y la etapa de actuar: se analizó los resultados y se comparó los resultados anteriores.

3.9. Procesamiento y análisis de la información

Los datos e información recolectada durante el estudio fueron registradas en una matriz de Excel. El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante el Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS), versión 25 para Windows. Los resultados de las variables analizadas se expresaron en forma de frecuencias absolutas y relativas. Como medida de localización central, se utilizó la media y desviación estándar. Adicionalmente se realizó la prueba de Chi Cuadrado entre los momentos muestreo. Se utilizó un nivel de significación estadística fue al 5% ($p < 0.05$).

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1. Análisis situación inicial

En el establecimiento de comida rápida que preparan papas fritas en el centro de la ciudad de Quevedo, se recolectó información de la situación inicial del proceso. En el establecimiento utilizan la variedad de papa, conocida como “pera”, ya que presenta buen color de pulpa, tamaño uniforme, no se quema al freír y tiene buena aceptación por parte de la clientela. La selección de la variedad es muy importante para obtener un producto de calidad. Un estudio, menciona que los precursores de la acrilamida en los tubérculos frescos están influenciados tanto por factores ambientales como genéticos, y se ven afectados también por las prácticas agrícolas para la producción del tubérculo (Liyanage et al., 2021)

La materia prima, la papa, es traída desde la ciudad de Riobamba, en sacos de yute de 50 kilos. Posteriormente se procede a pelar la papa de forma manual, procediendo a poner en tinas con agua ambiente. Una vez peladas las papas, son lavadas con abundante agua, hasta que la misma se encuentre limpia y transparente. Una vez limpias, las papas son cortadas con un cortador de papas semi-industrial, que permite cortes perfectos y uniformes de aproximadamente 1,4 cm. Las papas tipo bastón son colocadas en tinas con agua a temperatura ambiente, en promedio 26,2°C. Las papas se mantienen en las tinas, aproximadamente 6 a 7 horas, hasta que se culmine el proceso de venta de comida rápida.

La humedad de la papa previó a la fritura presentó un promedio de 78% (ANEXO E). La fritura de las papas tipo bastón, se realiza en una cocina industrial, y en pailas grandes; en las cuales se colocan 19 litros de aceite de palma. La temperatura del aceite es de 105°C que se demora 6 minutos en promedio. El proceso de fritura inicia colocando en un colador las papas provenientes de la tina, y dejándolas escurrir, alrededor de 30 segundos. Estudios realizados, mencionan que la cantidad de acrilamida depende no solo de la temperatura inicial del aceite, sino también de la necesidad de mantener una temperatura de fritura constante a lo largo de todo el proceso (Tajner-Czopek, Kita, & Rytel, 2021).

Durante el proceso de fritura de una jornada se realizan 10 paradas de papas tipo bastón, y durante todo el proceso no se cambia el aceite, solamente se va adicionando aceite para completar la cantidad de 19 litros, volumen en las pailas.

En la Tabla 1, se observa que la temperatura promedio de fritura es 150°C, y el tiempo promedio de fritura es de 10,91 minutos. La temperatura del aceite al final del proceso de fritura de cada parada de papas tipo bastón es de 179°C. Otros trabajos realizados, mencionan que la tasa de formación de acrilamida en el producto frito no es uniforme y depende principalmente del contenido de agua en la materia prima y del transcurso de la temperatura del proceso (Tajner-Czopek et al., 2021).

Tabla 1. Variables registradas en establecimiento de comida que prepara papas fritas en el centro de la ciudad de Quevedo.

Paradas	Temperatura del agua papa pelada	Temperatura inicial aceite fritura (°C)	Tiempo fritura (minutos)	Temperatura final aceite fritura (°C)	Cambio de aceite. Si/no
1	25,6	103,6	9,6	162	Nuevo
2	26,6	165,0	10,0	170	No
3	25,8	123,5	9,2	172	No
4	25,7	165,0	10,0	180	No
5	27,6	148,0	8,0	158	No
6	26,5	149,0	11,4	170	No
7	26,8	150,0	13,3	178	No
8	25,7	164,0	11,2	188	No
9	25,8	163,0	10,8	200	No
10	25,8	165,0	15,5	215	No
Promedio	26,2	150,0	10,9	179	

Fuente: Castro, A.

En la Tabla 2, se puede observar que al variar la temperatura los contenidos de acrilamida también varían. Los contenidos de este compuesto en las muestras analizadas presentaron valores inferiores a 2000 ug kg⁻¹ (ANEXO F), pero según el reglamento (UE) 2017/2158, debe presentar un valor de referencia entre 500 ug kg⁻¹. Estos resultados concuerdan con estudios realizados en Etiopía, en una muestra de 30 papas fritas tipo bastón, se encontraron valores de acrilamida entre 211 y 3515 ug kg⁻¹ (Deribew & Woldegiorgis, 2021). En el mercado uruguayo, el valor promedio de acrilamida en chips se encuentra entre 1020 ug kg⁻¹, con un valor mínimo de 593 ug kg⁻¹ y un valor máximo de 1447 ug kg⁻¹ (Crosa et al., 2014). En la República de Eslovaquia, un estudio mostró que 4 de las 5 muestras analizadas de un fabricante superaban los niveles de referencia, con un valor promedio de 982 ug kg⁻¹ (Bušová et al., 2020). En Colombia, en un estudio donde se analizaron 257 muestres de alimentos, el mayor contenido de acrilamida se encontró en las papas fritas con 635 ug kg⁻¹, sugiriendo que es un problema de salud pública (Barón Cortés, Vásquez Mejía, & Suárez Mahecha, 2021). En Ecuador, trabajos sobre fritura en papa frita, mostraron valores superiores al permitido de 1000 ug kg⁻¹ (Zurita-Sorrosa, 2020)

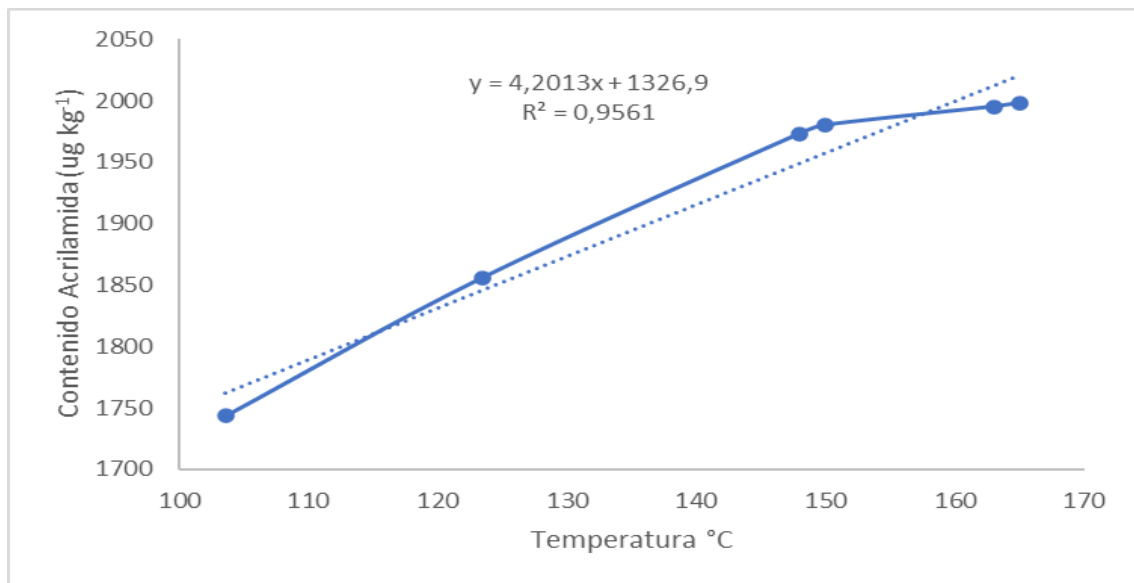
Tabla 2. Valores de acrilamida en muestras de papas fritas tipo bastón recolectadas en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.

Paradas	Temperatura °C	Contenido acrilamida (ug kg ⁻¹)
1	104	1743
2	124	1856
3	148	1973
4	150	1980
5	163	1995
6	165	1998
Promedio		1924

Fuente: Castro, A.

En la Figura 1, se observa la relación que existe entre el contenido de AA y la temperatura usada del aceite en el proceso de fritura, con un valor de correlación (R^2) de 0,9561 considerado alto y con una alta correlación entre las variables temperatura y contenido de acrilamida.

Figura 4.1. Valores de acrilamida por temperatura de aceite en proceso de fritura de papas tipo bastón recolectadas en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.



Fuente: Castro, A.

4.2. Plan de mejora

Según la metodología del ciclo PDCA, el plan de mejora consistió en:

4.2.1. Planificar

En base al análisis de la situación inicial se pudo determinar las actividades que se deben mejorar:

- Temperatura del agua de almacenamiento de papa peladas y troceadas.
- Cambio de agua del recipiente de almacenamiento de papas peladas y troceadas.
- Escurrimiento del agua por 3 minutos antes de la fritura.
- Temperatura del aceite a 125°C para iniciar el proceso de fritura.
- Cambio de aceite cada tres procesos de fritura (cambio de todo el aceite).

4.2.2. Hacer

Tomando como referencia el Reglamento (UE) 2017/2158 de la Comisión de 20 de noviembre de 2017 y el Código de Práctica Ecuatoriana (CPE INEN-CODEX CAC/RCP 67), las actividades que se deben mejorar y que se realizaron los siguientes cambios:

- Cada hora se realizó el cambio del agua del recipiente donde se almacena las papas cortadas y troceadas. Adicionalmente el agua debía ser fresca y de temperatura ambiente.
- Previo a la fritura, las papas tipo bastón se eliminó el exceso de agua a través del uso de un colador. El tiempo de escurrimiento recomendado fue de 3 minutos.
- Para iniciar el proceso de fritura, se colocó aceite de palma recién abierto de su envase. La temperatura para iniciar la fritura de la papa fue de 125°C, para lo cual se usó un termómetro de fritura.
- Para la variedad de papa “pera”, se determina que el proceso de fritura debe ser en promedio de 8 minutos.
- Cada tres procesos de fritura, se procedió a cambiar por completo el aceite de las pailas de fritura por un aceite nuevo de un envase recién abierto.

4.2.3. Verificar

Las actividades que se implementaron para mejorar el proceso fueron analizadas y evaluadas para verificar que se estén cumpliendo, y se obtuvieron como resultado (Tabla 3):

- El tiempo que se demoró el aceite en llegar a los 125°C fue de 6 minutos en promedio.
- El tiempo de fritura promedio fue de 8:06 minutos.
- La temperatura promedio final que llegó el aceite de fritura fue de 161 °C.
- Cada tres frituras se realizó el cambio de la totalidad del aceite, por uno nuevo.

Tabla 3. Variables registradas luego de implementar las mejoras en establecimiento de comida que prepara papas fritas en el centro de la ciudad de Quevedo.

Paradas	Tiempo calentar aceite (min)	T° inicio fritura	Tiempo fritura (min)	T° final aceite fritura	Cambio de aceite
1	6	125	8:03	155	Aceite Nuevo
2		125	9:00	158	Aceite con primer uso
3		125	8:05	168	Aceite con segundo uso
4		125	9:15	162	Aceite Nuevo
5		125	6:03	165	Aceite con primer uso
6		125	8:11	158	Aceite con segundo uso
Promedio		125	8:06	161	

Fuente: Castro, A.

En la Figura 2, se observa la relación que existe entre el contenido de acrilamidas y la temperatura del aceite en el proceso de fritura, ya implementadas las actividades de mejora, existiendo un ligero cambio en el contenido de acrilamida a una temperatura constante de 125°C. Estas actividades de mejora permitieron reducir los contenidos de acrilamida, lo que concuerda con lo que menciona el INIAP que al usar freidoras convencionales, es necesario mejorar el control de la temperatura, y que existen medidas alternativas para reducir la producción de acrilamida en las papas fritas, siendo una alternativa las freidoras al vacío, siendo su principal limitación el alto costo (Villacrés-Poveda et al., 2020).

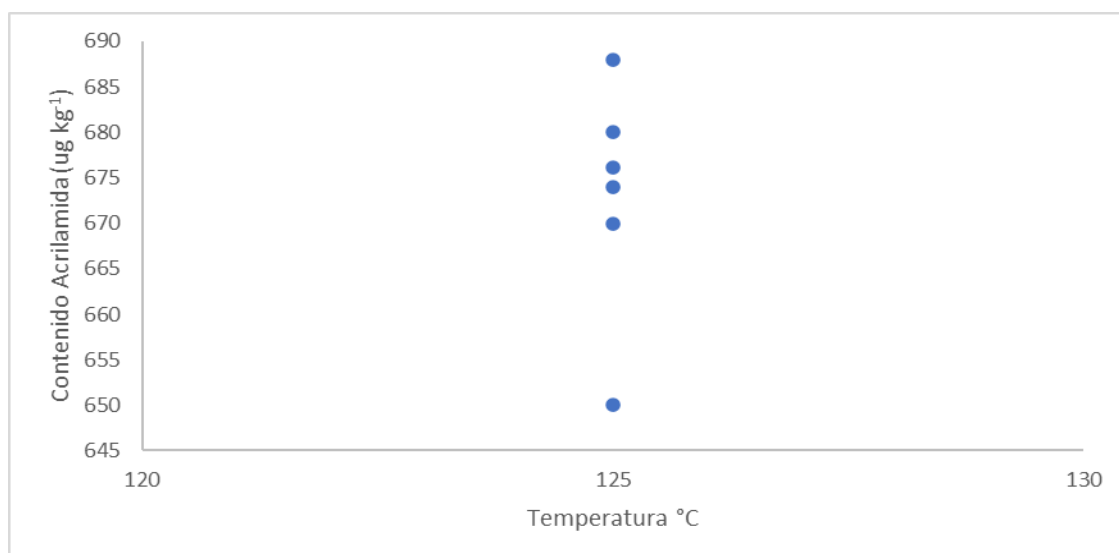


Figura 4.2. Valores de acrilamida por temperatura de aceite en proceso de fritura de papas tipo bastón recolectadas después de actividades de mejora en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.

Fuente: Castro 2022

Los contenidos de este compuesto en las muestras de papas (Tabla 4 y ANEXO F), presentaron valores entre los 650 a 688 $\mu\text{g kg}^{-1}$ y un valor promedio de 673 $\mu\text{g kg}^{-1}$, encontrándose muy cercano al nivel de referencia del Reglamento (UE) 2017/2158 de la Comisión del 20 de noviembre de 2017, que menciona que para papas fritas debe ser un valor de 500 $\mu\text{g kg}^{-1}$.

Tabla 4. Valores de acrilamida en muestras de papas fritas tipo bastón recolectadas después de actividades de mejora en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.

Paradas	Contenido acrilamida ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
1	676
2	674
3	680
4	650
5	670
6	688
Promedio	673

Fuente: Castro 2022

4.2.4. Actuar

En la Tabla 5, se puede observar que existen cambios porcentuales en las diferentes variables evaluadas. Para iniciar el proceso de fritura, existe un aumento del 19% en la temperatura del aceite. De igual manera existe un cambio del 23.7% en la temperatura del agua de la papa pelada y troceadas, ya que para su mejor conservación tiene que bajar a una temperatura de 20°C (temperatura ambiente). El mayor cambio se puede observar en el número de frituras por aceite inicial ocupado, ya que se reduce en 70%.

Los valores de incremento y/o decremento nos indican que existió un cambio en comparación a la situación inicial y a la situación actual, luego de se implementadas las actividades de mejora.

Los resultados demuestran que el contenido de acrilamida posee una reducción del 65% realizando el plan de mejora, lo que es bueno ya que era el objetivo principal del estudio. Estos resultados concuerdan con los reportados en Turquía, en el cual la mejora en el sistema de fritura de papas fritas osciló entre un 72 a 98% en comparación a las preparadas de forma convencional (Akkurt, Mogol, & Gökmen, 2021). De igual manera un estudio realizado en Perú, se demostró que el control de la temperatura en la fritura redujo la formación de acrilamidas en cantidades 29 al 38% (Yaranga Oncihuay, 2019)

Tabla 5. Comparación de variables evaluadas antes y después de la implementación del plan de mejora en establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.

Variables	Inicial	Con plan de mejora	Aumento/ Disminución	Incremento/ Decremento (%)
Tiempo calentar aceite (min)	6	6	0	0,0
T° que se colocan las papas al iniciar la fritura	105	125	20	19,0
Temperatura agua con papa pelada (°C)	26,2	20	-6,2	23,7
Temperatura inicial aceite fritura (°C)	150	125	-25	16,7
Tiempo fritura (min)	10,6	8	-2,6	24,5
Temperatura final aceite fritura (°C)	179	161	-18	10,1
Número de tandas por aceite	10	3	-7	70,0
Acrilamida (ug kg ⁻¹)	1924	673	-1251	65,0

Fuente: Castro 2022

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Se logró caracterizar la preparación de las papas fritas tipo bastón con un tiempo de fritura promedio de 10 minutos y una temperatura de 150 °C, obteniéndose contenidos de acrilamida de 1924 ug kg⁻¹, superiores a la normativa europea.
2. Se implementó un plan de mejora que consistió en optimizar las condiciones en el almacenamiento de la materia prima (cambio de agua), pre-fritura (escurrimiento de la papa) y fritura (aceite, temperatura y tiempo); siendo de fácil implementación y aplicabilidad por parte del establecimiento de comida rápida del centro de la ciudad de Quevedo.
3. Se implementó el plan de mejora según la metodología del ciclo PDCA permitió planificar actividades, hacer los cambios necesarios, verificar los procesos propuestos y actuar en base a los resultados obtenidos en el proceso de fritura para disminuir el contenido de acrilamidas en la preparación de papas fritas tipo bastón.
4. Se logró obtener papas fritas tipo bastón en un tiempo promedio de 6 minutos a una temperatura de 125°C, y con un contenido promedio de acrilamida de 673 ug kg⁻¹, valor muy cercano a la normativa europea.
5. Se logró con el plan de mejora disminuir considerablemente los contenidos de acrilamida en comparación a la situación inicial, permitiendo tener valores cercanos a los valores de referencia a la normativa europea.
6. Se determinó que el contenido de acrilamidas es influenciado por muchos factores, desde la producción en campo del tubérculo de papa, el transporte a los sitios de venta y posterior a los sitios de preparación. El almacenamiento de la materia prima es un factor muy importante para tomar en cuenta, así como el tipo de fritura que se realiza.

5.2. Recomendaciones

1. En base a los resultados obtenidos se recomienda realizar un estudio complementario en otros locales de comida rápida que vendan papas fritas tipo bastón para determinar los contenidos de acrilamidas, debido a la diversidad de equipos y formas de preparar estos productos.
2. Adicionalmente se recomienda, realizar estudios con diferentes equipos de fritura que sean más eficientes y que se pueda controlar los factores importantes como temperatura y tiempo de fritura.

3. Para llegar a los niveles de referencia de la norma europea, se recomienda incluir más factores en el plan de mejora, como determinar que variedades de papa producen menor cantidad de acrilamidas, debido a que el contenido de azúcares reductores afecta al contenido de acrilamidas.
4. Finalmente, se debe buscar estrategias de capacitar tanto a los productores y/o comerciantes de este tipo de productos, papas fritas tipo bastón, sobre la importancia de realizar y mejorar el tipo de fritura, debido a que está estrechamente relacionada con la producción de acrilamidas.

BIBLIOGRAFÍA

- Agency, F. S. (2021, November). *Acrylamide*.
- Akkurt, K., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2021). Mitigation of acrylamide in baked potato chips by vacuum baking and combined conventional and vacuum baking processes. *Lwt*, *144*(February), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111211>
- Barón Cortés, W. R., Vásquez Mejía, S. M., & Suárez Mahecha, H. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed by the Bogotá population in Colombia. *Journal of Food Composition and Analysis*, *100*(April). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103934>
- Becalski, A., Lau, B. P. Y., Lewis, D., & Seaman, S. W. (2003). Acrylamide in foods: Occurrence, sources, and modeling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(3), 802–808. <https://doi.org/10.1021/jf020889y>
- Bušová, M., Bencko, V., Kromerová, K., Nadjo, I., & Babjaková, J. (2020). Occurrence of acrylamide in selected food products. *Central European Journal of Public Health*, *28*(4), 320–324. <https://doi.org/10.21101/cejph.a6430>
- Center for Foodborne Illness Research and Prevention. (2021, November). *Acrylamides: The hidden danger in your favorite potato dishes*.
- Comité Científico de la Agencia Española de Consumo. (2017). *NIInforme del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) sobre los criterios de seguridad que limiten la exposición a acrilamida producida por la fritura de patatas*.
- Commission Regulation. (2017). *Commission Regulation (EU) 2017/2158 of 20 November 2017 establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food* (pp. 24–44). pp. 24–44.
- Crosa, M. J., Elichalt, M., Skerl, V., Cadenazzi, M., Olazábal, L., Silva, R., ... Estellano, G. (2014). Chips de papa, la fritura en vacío y beneficios para la salud. *Innotec*, *9*. <https://doi.org/10.26461/09.09>
- De Meulenaer, B., Medeiros, R., & Mestdagh, F. (2016). Acrylamide in Potato Products. In *Advances in Potato Chemistry and Technology* (pp. 527–562). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800002-1.00018-2>
- Deribew, H. A., & Woldegiorgis, A. Z. (2021). Acrylamide levels in coffee powder, potato chips and French fries in Addis Ababa city of Ethiopia. *Food Control*, *123*, 107727. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107727>
- Dutta, M. K., Singh, A., & Ghosal, S. (2015). A computer vision based technique for identification of acrylamide in potato chips. *Computers and Electronics in Agriculture*, *119*, 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.10.007>
- Estrada Salazar, D. D. (2021). *DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ACRILAMIDA MEDIANTE LC-MS / MS , EN PAPAS (Solanum tuberosum) FRITAS ELABORADAS EN PUESTOS DE COMIDAS RÁPIDAS EN EL SECTOR DE*

BASTIÓN. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.

- Fernandes, J. O., & Soares, C. (2007). Application of matrix solid-phase dispersion in the determination of acrylamide in potato chips. *Journal of Chromatography A*, 1175(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.10.030>
- Food and Drug Administration. (2022, November). *Acrylamide and diet, food storage, and food preparation*. FDA.
- Foot, R. J., Haase, N. U., Grob, K., & Gondé, P. (2007). Acrylamide in fried and roasted potato products: A review on progress in mitigation. *Food Additives and Contaminants*, 24(SUPPL. 1), 37–46. <https://doi.org/10.1080/02652030701439543>
- Friedman, M. (2003). Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4504–4526. <https://doi.org/10.1021/jf030204+>
- García, M., Quispe, C., & Ruez, L. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial Data*, 6(1), 89–94. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/816/81606112.pdf%0Ahttps://www.redalyc.org/pdf/816/81606112.pdf%0Ahttp://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81606112>
- Ghiasvand, A. R., & Hajipour, S. (2016). Direct determination of acrylamide in potato chips by using headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-flame ionization detection. *Talanta*, 146, 417–422. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.09.004>
- Gökmen, V., & Şenyuva, H. Z. (2006). Study of colour and acrylamide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating. *Food Chemistry*, 99(2), 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.054>
- Gökmen, V., Şenyuva, H. Z., Acar, J., & Sarioğlu, K. (2005). Determination of acrylamide in potato chips and crisps by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1088(1–2), 193–199. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.10.094>
- González-Mulero, L., Mesías, M., Morales, F. J., & Delgado-Andrade, C. (2021). Acrylamide exposure from common culinary preparations in Spain, in household, catering and industrial settings. *Foods*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092008>
- González, V., Navarro, C., & Ronco, A. M. (2021). Acrilamida en los alimentos: Valores de referencia, recomendaciones y acciones de mitigación. *Rev Chil Nutr* 2021;, 48(1), 109–117.
- Granda, C., & Moreira, R. G. (2005). Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Process Engineering*, 28(5), 478–493. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2005.034.x>
- Granvogl, M., Jezussek, M., Koehler, P., & Schieberle, P. (2004). Quantitation of 3-aminopropionamide in potatoes - A minor but potent precursor in acrylamide formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4751–4757.

<https://doi.org/10.1021/jf049581s>

Gutiérrez, D. F. O. (2019). *EVALUACIÓN DE ACRILAMIDA EN LA FRITURA DE PAPA (Solanum tuberosum) DIACOL – CAPIRO TIPO BASTÓN, UTILIZANDO DOS TIPOS DE ACEITE*. Universidad Técnica del Norte.

Hai, Y. D., Tran-Lam, T. T., Nguyen, T. Q., Vu, N. D., Ma, K. H., & Le, G. T. (2019). Acrylamide in daily food in the metropolitan area of Hanoi, Vietnam. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 12(3), 159–166. <https://doi.org/10.1080/19393210.2019.1576774>

Hu, Q., Xu, X., Li, Z., Zhang, Y., Wang, J., Fu, Y., & Li, Y. (2014). Detection of acrylamide in potato chips using a fluorescent sensing method based on acrylamide polymerization-induced distance increase between quantum dots. *Biosensors and Bioelectronics*, 54, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2013.10.046>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Cpe Inen-Codex Cac / Rcp 67*. Quito - Ecuador.

Israilides, C., & Theodoros, V. (2015). Strategies to reduce the formation of acrylamide in potato chips. A market and consumer's prospective. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 3(1), 20–25.

Junta de Andalucía. (2016). Métodos De Derminación De Compuestos Orgánicos. *Junta de Andalucía*, 54.

Kalita, D., & Jayanty, S. S. (2013). Reduction of acrylamide formation by vanadium salt in potato French fries and chips. *Food Chemistry*, 138(1), 644–649. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.123>

Kim, B., Park, S., Lee, I., Lim, Y., Hwang, E., & So, H. Y. (2010). Development of a certified reference material for the determination of acrylamide in potato chips. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 398(2), 1035–1042. <https://doi.org/10.1007/s00216-010-3953-8>

Knight, M., McWilliam, S., Peck, S., Koutsidis, G., Chope, G., Puddephat, I., & Wedzicha, B. (2021). Kinetic modelling of acrylamide formation during the frying of potato chips. *Food Chemistry*, 352(February), 129305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129305>

Liu, H., Li, X., & Yuan, Y. (2020). Mitigation effect of sodium alginate on acrylamide formation in fried potato chips system based on response surface methodology. *Journal of Food Science*, 85(8), 2615–2621. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15343>

Liyanage, D. W. K., Yevtushenko, D. P., Konschuh, M., Bizimungu, B., & Lu, Z. X. (2021). Processing strategies to decrease acrylamide formation, reducing sugars and free asparagine content in potato chips from three commercial cultivars. *Food Control*, 119(March 2020), 107452. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107452>

- Masson, L., Muñoz, J. R., Romero, N., Camilo, C., Encina, C., Hernández, L., ... Robert, P. (2007). Acrilamida en patatas fritas: Revisión actualizada. *Grasas y Aceites*, 58(2), 185–193. <https://doi.org/10.3989/gya.2007.v58.i2.84>
- Michalak, J., Czarnowska-Kujawska, M., & Gujska, E. (2019). Acrylamide and thermal-processing indexes in market-purchased food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph16234724>
- Palazoglu, T. K., Savran, D., & Gökmen, V. (2010). Effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips. *Journal of Food Science*, 75(1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01389.x>
- Pedreschi, F., Granby, K., & Risum, J. (2010). Acrylamide Mitigation in Potato Chips by Using NaCl. *Food and Bioprocess Technology*, 3(6), 917–921. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0349-x>
- Pedreschi, F., León, J., Mery, D., Moyano, P., Pedreschi, R., Kaack, K., & Granby, K. (2007). Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 786–793. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.001>
- Pedreschi, F., Moyano, P., Kaack, K., & Granby, K. (2005). Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Research International*, 38(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.07.002>
- Tajner-Czopek, A., Kita, A., & Rytel, E. (2021). Characteristics of french fries and potato chips in aspect of acrylamide content—methods of reducing the toxic compound content in ready potato snacks. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(9), 19–24. <https://doi.org/10.3390/app11093943>
- Villacrés-Poveda, E., Zurita-Sorrosa, G., Samaniego-Maigua, I., & Angós-Iturgaiz, J. (2020). Evaluación del contenido de acrilamida en chips de papa (*Solanum tuberosum* L.) elaborados por fritura convencional y al vacío. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 24(1), 34–49. <https://doi.org/10.37066/ralap.v24i1.388>
- Yaranga Oncihuay, R. I. (2019). *Efecto de la temperatura de escaldado y frito en el contenido de acrilamida de papa nativa, oca y mashua amarilla*.
- Zhang, Y., Kahl, D. H. W., Bizimungu, B., & Lu, Z. X. (2018). Effects of blanching treatments on acrylamide, asparagine, reducing sugars and colour in potato chips. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4028–4041. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3329-1>
- Zurita-Sorrosa, G. (2020). *Evaluación de la contaminación por acrilamida, generada durante el proceso de fritura convencional y al vacío en chips de 7 variedades de papa (Solanum tuberosum L.)*. (Vol. 68). Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2014.07.001> <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2017.12.003> <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.024>

ANEXOS

ANEXO A

REGLAMENTO (UE) 2017/2158

L 304/24

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

21.11.2017

REGLAMENTO (UE) 2017/2158 DE LA COMISIÓN

de 20 de noviembre de 2017

por el que se establecen medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la presencia de acrilamida en los alimentos

(Texto pertinente a efectos del EEE)

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Visto el Reglamento (CE) n.º 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios ⁽¹⁾, y en particular su artículo 4, apartado 4,

Considerando lo siguiente:

- (1) El Reglamento (CE) n.º 852/2004 tiene como objetivo lograr un nivel elevado de protección de los consumidores en relación con la seguridad alimentaria. Define «higiene alimentaria» como un conjunto de medidas y condiciones necesarias para controlar los peligros y garantizar la aptitud para el consumo humano de un producto alimenticio teniendo en cuenta la utilización prevista para dicho producto. Los peligros desde el punto de vista de la seguridad alimentaria tienen lugar cuando los alimentos están expuestos a agentes peligrosos que dan lugar a la contaminación de dichos alimentos. Los peligros alimentarios pueden ser biológicos, químicos o físicos.
- (2) La acrilamida es un contaminante con arreglo a la definición del Reglamento (CEE) n.º 315/93 del Consejo ⁽²⁾ y, como tal, constituye un peligro químico en la cadena alimentaria.
- (3) La acrilamida es un compuesto orgánico de bajo peso molecular y muy soluble en agua, que se forma a partir de asparagina y azúcares, componentes que aparecen de forma natural en determinados alimentos cuando se elaboran a temperaturas generalmente superiores a 120 °C y con bajo nivel de humedad. Se forma principalmente en alimentos ricos en hidratos de carbono, horneados o fritos, con materias primas que contienen sus precursores, como cereales, patatas y granos de café.
- (4) Dado que los niveles de acrilamida en algunos productos alimenticios son considerablemente superiores a los niveles en productos comparables de la misma categoría de productos, en la Recomendación 2013/647/UE de la Comisión ⁽³⁾ se invitó a las autoridades competentes de los Estados miembros a investigar sobre los métodos de producción y transformación utilizados por los explotadores de empresa alimentaria en los casos en que el nivel de acrilamida constatado en un producto alimenticio específico supere los valores indicativos establecidos en el anexo de dicha Recomendación.
- (5) En 2015, la Comisión Técnica Científica de Contaminantes de la Cadena Alimentaria (Contam) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria («Autoridad») adoptó un dictamen sobre la presencia de acrilamida en los alimentos ⁽⁴⁾. Basándose en estudios con animales, la Autoridad confirma evaluaciones anteriores que constataban que la acrilamida presente en los alimentos puede aumentar el riesgo de padecer cáncer para consumidores de todos los grupos de edad. Dado que la acrilamida está presente en una gran variedad de alimentos cotidianos, esta preocupación es extensible a todos los consumidores, pero los niños son el grupo de edad más expuesto, en función del peso corporal. Sobre la base de los niveles actuales de exposición a través de la alimentación, los posibles efectos nocivos de la acrilamida sobre el sistema nervioso, el desarrollo prenatal y postnatal y la reproducción masculina no se consideraron preocupantes. En cambio, los niveles actuales de exposición a la acrilamida a través de la alimentación en todos los grupos de edad son motivo de preocupación con respecto a sus efectos cancerígenos.
- (6) Habida cuenta de las conclusiones de la Autoridad con respecto a los efectos cancerígenos de la acrilamida y a falta de medidas coherentes y obligatorias que deban aplicar las empresas alimentarias para reducir los niveles de acrilamida, es necesario, mediante el establecimiento de medidas de mitigación apropiadas, garantizar la seguridad alimentaria y reducir la presencia de acrilamida en los productos alimenticios con materias primas que contengan sus precursores. Los niveles de acrilamida pueden reducirse mediante un enfoque de mitigación, como la aplicación de prácticas de higiene correctas y de procedimientos basados en los principios del análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC).

⁽¹⁾ DO L 39 de 30.4.2004, p. 1.

⁽²⁾ Reglamento (CEE) n.º 315/93 del Consejo, de 8 de febrero de 1993, por el que se establecen procedimientos comunitarios en relación con los contaminantes presentes en los productos alimenticios (DO L 37 de 13.2.1993, p. 1).

⁽³⁾ Recomendación de la Comisión 2013/647/UE, de 8 de noviembre de 2013, relativa a la investigación de los niveles de acrilamida en los alimentos (DO L 301 de 12.11.2013, p. 15).

⁽⁴⁾ EFSA Journal 2015; 13(6):4104.

ANEXO IV

NIVELES DE REFERENCIA A LOS QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 1, APARTADO 1

A continuación se indican los niveles de referencia para detectar la presencia de acrilamida en los productos alimenticios, a los que se refiere el artículo 1, apartado 1:

Alimento	Nivel de referencia [µg/kg]
Patatas fritas listas para consumir	500
Patatas fritas a la inglesa (<i>chips</i>) fabricadas con patatas frescas y con masa de patatas	750
Galletas saladas a base de patatas	
Otros productos con masa de patatas	
Pan de molde	
a) pan de molde a base de trigo	50
b) otro pan de molde	100
Cereales para el desayuno (a excepción del <i>porridge</i>)	
— productos de salvado y cereales integrales, grano inflado	300
— productos a base de trigo y centeno ⁽¹⁾	300
— productos a base de maíz, avena, espelta, cebada y arroz ⁽¹⁾	150
Galletas y barquillos	350
Galletas saladas, excepto las de patata	400
Pan crujiente	350
Pan de especias	800
Productos similares a los demás productos de esta categoría	300
Café tostado	400
Café instantáneo (soluble)	850
Sucedáneos del café	
a) sucedáneos del café compuestos exclusivamente por cereales	500
b) sucedáneos del café compuestos por una mezcla de cereales y achicoria	⁽²⁾
c) sucedáneos del café compuestos exclusivamente por achicoria	4 000
Alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños de corta edad, excluidos las galletas y los biscotes ⁽³⁾	40
Galletas y biscotes para lactantes y niños de corta edad ⁽³⁾	150

⁽¹⁾ Cereales no integrales ni de salvado. La categoría se determina en función del cereal presente en mayor cantidad.

⁽²⁾ El nivel de referencia que debe aplicarse a los sucedáneos compuestos por una mezcla de cereales y achicoria debe tener en cuenta la proporción relativa de estos ingredientes en el producto final.

⁽³⁾ Tal como se definen en el Reglamento (UE) n.º 609/2013.

ANEXO B

CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANA (CPE INEN-CODEX CAC/RCP 67)



Quito – Ecuador

CODIGO DE
PRÁCTICA
ECUATORIANA

CPE INEN-CODEX CAC/RCP 67

Primera edición
2013-09

**CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA REDUCIR EL CONTENIDO DE
ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS (CAC/RCP 67-2009, IDT)**

CODE OF PRACTICE FOR THE REDUCTION OF ACRYLAMIDE IN FOODS (CAC/RCP 67-2009,
IDT)

Correspondencia:

Este código de práctica ecuatoriana es idéntico al Código de Práctica Internacional CAC/RCP 67-2009 (Adoptado en 2009. Revisado en 2009)

DESCRIPTORES: Procesos en la industria alimenticia
ICS: : 67.020

16 páginas

© CODEX -2009- Todos los derechos
reservados
© INEN 2013

PRÁCTICAS RECOMENDADAS A LA INDUSTRIA PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PATATAS (P.EJ. PATATAS FRITAS, PATATAS FRITAS (CHIPS) Y REFRIGERIOS DE PATATAS)

Las medidas de reducción debatidas en las secciones siguientes no se indican por orden de importancia. Se recomienda que todas las medidas de reducción se comprueben a fin de identificar las mejores para su propio producto.

Fase de la producción	Medidas de reducción
Materias primas	<p>Elija cultivares de patatas que tengan los niveles de azúcares reductores más bajos que sea razonablemente practicable teniendo en cuenta la variabilidad regional y estacional. Compruebe los niveles de azúcares reductores de las patatas suministradas o haga una prueba friéndolas (intente obtener un color ligeramente dorado).</p>
	<p>Evite utilizar patatas almacenadas a menos de 6 °C. Controle las condiciones de almacenamiento desde la finca a la planta de producción y cuando el tiempo sea frío proteja las patatas del aire frío. Evite que las patatas suministradas estén al exterior (sin protección) a temperaturas bajo cero durante largos periodos de tiempo, p.ej. durante la noche. Reacondicione las patatas almacenadas a bajas temperaturas dejándolas a temperaturas más elevadas (p.ej., 12 a 15 °C) durante varias semanas.</p>
Control / adición de otros ingredientes	<p>En el caso de los refrigerios a base de patatas elaborados con masa, sustituya, cuando sea posible, un poco de patata por otros ingredientes con contenido más bajo de azúcar reductor/asparagina, p.ej. harina de arroz. Evite la adición de azúcares reductores (p.ej. agente de coloración marrón, soporte de especias o recubrimiento).</p>
	<p>Se ha demostrado que en algunos casos la adición de asparaginasa reduce la asparagina y por tanto la acrilamida en los productos a base de masa de patatas.</p>
	<p>El tratamiento de las patatas fritas con pirofosfato de sodio y los productos de patatas con cationes divalentes y trivalentes, p.ej. sales de calcio antes de la elaboración, puede contribuir a reducir el contenido de acrilamida.</p>
Elaboración y tratamiento térmico de los alimentos	<p>Patatas fritas: Escalde las rodajas de patatas en agua para reducir los niveles de azúcares reductores antes de cocinarlas. Si reduce el pH añadiendo pirofosfato ácido de sodio durante las fases posteriores de escaldado puede reducir los niveles todavía más. Corte rodajas más gruesas; se ha demostrado que las rodajas de 14x14 mm tienen niveles más bajos de acrilamida que las rodajas más finas (8x8mm). Si es conveniente fría las patatas previamente.</p>
	<p>Patatas fritas (crujientes): Utilice un tiempo, temperatura y regulación del hornillo óptimos para obtener un producto crujiente con un color amarillo dorado. Si es posible fría al vacío las patatas con alto contenido de azúcares reductores. Si las patatas se frien en un instante se recomienda que se enfrien rápidamente. Efectúe una selección del color para eliminar las patatas oscuras.</p>

ANEXO C

INFORMACIÓN RECOLECTADA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

HOJA DE REGISTRO DE TIEMPOS Y TEMPERATURAS DE MUESTRAS DE PAPAS FRITAS (ANTES IMPLEMENTACIÓN)													
Paradas	Tiempo que se demora en calentar el aceite	T° inicial del aceite	T° que se colocan las papas al iniciar la fritura	Tiempo que se demoran las papas en freir				T° final de las papas fritas	Tiempo entre parada de fritura de papas		Cambio de aceite. Si/no	Ltrs de aceite usados	T° del agua antes de freir
			°C	min				°C	min	min			
1	10 min.	105°C	103,6	09:37 min	9,00	0,62	9,62	161,8			Nuevo	19 litros	25,6
2			165	10 min	10,00	0,00	10,00	170	40 sg	0,67	No - 2 uso	19 litros	26,6
3			123,5	9:15 min	9,00	0,25	9,25	172	38 min	38,00	No - 3 uso	18 litros	25,8
4			165	10 min	10,00	0,00	10,00	180	1 min	1,00	No - 4 uso		25,7
5			148	8 min	8,00	0,00	8,00	158	35 sg	0,58	No - 5 uso	16 litros	27,6
6			149	11:25 min	11,00	0,42	11,42	170	45 sg	0,75	No - 6 uso		26,5
7			150	13:20 min	13,00	0,33	13,33	178	30 sg	0,50	No - 7 uso		26,8
8			164	11:13 min	11,00	0,22	11,22	188	1 min	1,00	No - 8 uso		25,7
9			163	10:50 min	10,00	0,83	10,83	200	50 sg	0,83	No - 9 uso		25,8
10			165	15:28 min	15,00	0,47	15,47	215			No - 10 uso	12 litros	25,8
PROMEDIO			149,6		10,6		10,9	179,3		5,4			26,2

ANEXO D

INFORMACIÓN RECOLECTADA DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

HOJA DE REGISTRO DE TIEMPOS Y TEMPERATURAS DE MUESTRAS DE PAPAS FRITAS IMPLEMENTACIÓN							
Paradas	Tiempo que se demora en calentar el aceite	T° inicial del aceite	T° inicio fritura	Tiempo fritura (min)	T° final aceite fritura	Cambio de aceite	Ltrs de aceite usados
1	6 min.	105°C	125	8:03	155	Aceite Nuevo	19 litros
2			125	9:00	158	Aceite con primer uso	
3			125	8:05	168	Aceite con segundo uso	
4			125	9:15	162	Aceite Nuevo	
5			125	6:03	165	Aceite con primer uso	
6			125	8:11	158	Aceite con segundo uso	
PROMEDDIO			125	8:06	161		
Papa:	Pera						
Aceite:	Palma						
Aceite:	3 usos maximo						
corte:	1,4 cm						
esrrido:	3 min						
fritura:	no excede los 175°C						

ANEXO E

CÁLCULO DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MUESTRAS DE PAPAS TIPO BASTÓN

CALCULO DE % HUMEDAD MUESTRAS PAPAS TIPO BASTÓN, PREVIO PROCESO DE FRITURA						
N°	Peso de bandeja (g)	Peso muestra (g)	Peso Total (g)	Peso Total seco (g)	Peso humedad (g)	Humedad (%)
1	5,98	250,72	256,7	54,3	202,4	78,8
2	6	250,4	256,4	52,6	203,8	79,5
3	5,92	250,48	256,4	61,28	195,12	76,1
Promedio						78,1

ANEXO F

FACTORES DE TEMPEATURA Y CONTENIDO DE ACRILAMIDA EN MUESTRAS DE PAPAS TIPO BASTÓN ANTES Y DESPUES DE IMPLEMENTACIÓN

Paradas	Temperatura del agua papa pelada	Antes de implementación	Después de implementación	Tiempo fritura (minutos)	Temperatura final aceite fritura (°C)	Cambio de aceite. Si/no	Contenido Acrilamida	
		Temperatura inicial aceite fritura (°C)					Inicial	Final
							AA (ug kg ⁻¹)	
1	25,6	104	125	9,6	162	Nuevo	1743	676
3	25,8	124	125	9,2	172	No	1856	674
5	27,6	148	125	8	158	No	1973	680
7	26,8	150	125	13,3	178	No	1980	650
9	25,8	163	125	10,8	200	No	1995	670
10	25,8	165	125	15,5	215	No	1998	688
Promedio	26,2	142	125	10,9	179		1924	673