



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y  
ACUICULTURA**

COMPORTAMIENTO DE LA ACRILAMIDA Y LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES EN  
CAFÉ ARÁBICA *Coffea arabica* TOSTADO TIPO OSCURO Y ALMACENADO EN EMPAQUE  
TRILAMINADO (PET, ALU, PEBD) POR SEIS MESES

**Línea de investigación:  
Genética, bioquímica y biotecnología**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Alimentario

**Autora**

Velit Perea, Rosa Angela

**Asesor**

Ventura Guevara, Luis Leónidas

ORCID: 0000-0001-7574-94025

**Jurado**

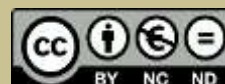
Marín Machuca, Olegario

Aldave Palacios, Gladis Josefina

Blas Ramos, Walter Eduardo

**Lima - Perú**

**2025**





Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y  
ACUICULTURA**

**COMPORTAMIENTO DE LA ACRILAMIDA Y LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES EN  
CAFÉ ARÁBICA *Coffea arabica* TOSTADO TIPO OSCURO Y ALMACENADO EN EMPAQUE  
TRILAMINADO (PET, ALU, PEBD) POR SEIS MESES**

Línea de Investigación:

Genética, bioquímica y biotecnología

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Alimentario

Autora

Velit Perea, Rosa Angela

Asesor

Ventura Guevara, Luis Leónidas

ORCID: 0000-0001-7574-94025

Jurado

Marín Machuca, Olegario

Aldave Palacios, Gladis Josefina

Blas Ramos, Walter Eduardo

Lima – Perú

2025

### **Dedicatoria**

A mi mamá, Zarela Perea por ser fuente de fortaleza, amor infinito y apoyo incondicional, a mi papá, Jose Velit por ser guía en cada etapa de mi vida. A mi hermana y tía, por siempre creer en mí y a Lia, por ser la alegría inocente que ilumina mis días.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi mamá Zarela Perea y a mi papá Jose Velit por brindarme siempre su apoyo incondicional, por darme su amor y paciencia. Una parte de este logro siempre será para ustedes en forma de agradecimiento por todo lo que me siguen dando.

Agradezco también a familia y a mis amigas, que estuvieron alentándome para cumplir mis objetivos y siempre confiaron en mí.

A mi asesor el Mg. Luis Leonidas Ventura Guevara por sus enseñanzas y lecciones siendo mi profesor universitario y por brindarme su valioso tiempo, paciencia y compromiso para realizar el presente trabajo de investigación.

A mi Universidad Nacional Federico Villarreal y sobre todo a mi querida FOPCA, a mis profesores por enseñarme lo hermoso de esta carrera y aprender a amarla tanto como a mi querida alma mater.

Agradecida con Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida profesional y a mis abuelitos que son mis ángeles y guías. *You've got no reason to be afraid.*

## ÍNDICE

Resumen.....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCION .....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	2
1.2. Antecedentes .....	4
1.3. Objetivos .....	8
<i>1.3.1. Objetivo General</i> .....	8
<i>1.3.2. Objetivos Específicos</i> .....	8
1.4. Justificación.....	9
1.5. Hipótesis.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	11
<i>2.1.1. Café</i> .....	11
<i>2.1.2. Café Tostado</i> .....	12
<i>2.1.3. Acrilamida</i> .....	16
<i>2.1.4. Relación del almacenamiento del café tostado y las acrilamidas</i> .....	19
<i>2.1.5. Relación del almacenamiento del café tostado y las características sensoriales.</i>	20
<i>2.1.6. Catación del café</i> .....	21
<i>2.1.7. Método de Detección de Acrilamidas</i> .....	22

2.1.8. Marco Normativo para el aseguramiento de la inocuidad alimentaria en referencia a la Acrilamida .....	23
2.1.9. Empaque Trilaminado .....	25
III.    MÉTODO .....	27
3.1. Tipo de investigación .....	27
3.2. Ámbito temporal y espacial .....	27
3.3. Variables.....	27
3.3.1. Variables Independientes .....	27
3.3.2. Variables Dependientes .....	28
3.4. Población y muestra .....	28
3.4.1. Población .....	28
3.4.2. Muestra .....	28
3.5. Instrumentos.....	29
3.5.1. Equipos.....	29
3.5.2. Material orgánico.....	29
3.5.3. Materiales de laboratorio .....	30
3.5.4. Otros.....	31
3.6. Procedimientos.....	32
3.6.1. Obtención de las muestras .....	32
3.6.2. Procedimiento para Análisis sensorial .....	37

3.6.3. Selección del atributo sensorial critico.....	38
3.6.4. Valor Límite de los Descriptores Sensoriales.....	38
3.6.5. Procedimiento para Análisis de Acrilamidas.....	39
3.6.6. Análisis microbiológico determinación de Mohos .....	42
3.7. Análisis de datos .....	42
IV. RESULTADOS.....	45
4.1. Evaluación del contenido de acrilamida en café tostado tipo oscuro.....	45
4.2. Lectura de cromatografía liquida (LC) y el Espectro de masas (MS/MS).....	47
4.3. Resultado del análisis sensorial café .....	57
4.3.1. Variación de las características sensoriales: Puntaje Total en taza.....	57
4.3.2. Variación de la característica sensorial: Atributo Sabor .....	60
4.4. Relación de la acrilamida y el atributo sabor sobre el tiempo almacenado .....	62
4.5. Relación de la acrilamida y el puntaje total del análisis sensorial sobre el tiempo almacenado .....	63
4.6. Resultado del análisis microbiológico luego del último mes de almacenamiento.....	64
4.7. Prueba de normalidad de valores obtenidos.....	65
4.8. Correlación entre el contenido de acrilamida y las características sensoriales.....	67
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71
VI. CONCLUSIONES .....	73
VII. RECOMENDACIONES.....	75

VIII.	REFERENCIAS.....	76
IX.	ANEXOS .....	86



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estructura de fruto café .....	11
<b>Figura 2</b> Escala de tueste de café .....	15
<b>Figura 3</b> Vías de formación de la Acrilamida en el café tostado .....	18
<b>Figura 4</b> Iones para el análisis de acrilamida pos LC-MS/MS .....	23
<b>Figura 5</b> Diagrama de flujo para café tostado.....	33
<b>Figura 6</b> Escala de calidad del café tostado .....	38
<b>Figura 7</b> Diagrama de flujo para extracción de muestra por cromatografía líquida .....	41
<b>Figura 8</b> Contenido de acrilamida en café tostado de acuerdo con el tiempo almacenado .....	46
<b>Figura 9</b> Cromatografía de café tostado muestra 1 .....	47
<b>Figura 10</b> Espectrometría de masas de café tostado muestra 1.....	48
<b>Figura 11</b> Cromatografía de café tostado muestra 2 .....	49
<b>Figura 12</b> Espectrometría de masas de café tostado muestra 2.....	50
<b>Figura 13</b> Cromatografía de café tostado muestra 3 .....	51
<b>Figura 14</b> Espectrometría de masas de café tostado muestra 3 .....	52
<b>Figura 15</b> Cromatografía de café tostado muestra 4 .....	53
<b>Figura 16</b> Espectrometría de masas de café tostado muestra 4.....	54
<b>Figura 17</b> Cromatografía de café tostado muestra 5 .....	55
<b>Figura 18</b> Espectrometría de masas de café tostado muestra 5.....	55
<b>Figura 19</b> Cromatografía de café tostado muestra 6 .....	56

<b>Figura 20</b> Espectrometría de masas de masas de café tostado muestra 6.....	57
<b>Figura 21</b> Variación del puntaje total en taza respecto al tiempo de almacenamiento .....	59
<b>Figura 22</b> Variación del puntaje del atributo “Sabor” en taza respecto al tiempo de almacenamiento .....	62
<b>Figura 23</b> Relación del promedio de cantidad de acrilamidas y el promedio del puntaje del atributo “sabor” .....	63
<b>Figura 24</b> Relación del promedio de cantidad de acrilamidas y el promedio del puntaje total del análisis sensorial .....	64
<b>Figura 25</b> Correlación entre el promedio de contenido de acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y el puntaje del atributo “sabor” .....	69
<b>Figura 26</b> Correlación entre el promedio de contenido de acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y el puntaje del atributo “sabor” .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Cambios físicos durante el tostado del grano .....	14
<b>Tabla 2</b> Niveles de Referencia para detectar presencia de acrilamida en alimentos .....	24
<b>Tabla 3</b> Frecuencia de muestreo para evaluación sensorial .....	36
<b>Tabla 4</b> Frecuencia de análisis de acrilamidas .....	36
<b>Tabla 5</b> Contenido de acrilamida en café tostado oscuro .....	45
<b>Tabla 6</b> Variabilidad del puntaje total de la calidad en taza del análisis sensorial en el transcurso del tiempo de almacenamiento .....	58
<b>Tabla 7</b> Variabilidad del puntaje del atributo: “Sabor” del análisis sensorial en el transcurso del tiempo de almacenamiento.....	60
<b>Tabla 8</b> Resultado de Recuento Microbiológico en café tostado .....	65
<b>Tabla 9</b> Valores de prueba de normalidad: Sabor .....	66
<b>Tabla 10</b> Valores de prueba de normalidad: Puntaje total .....	67

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la relación que existe entre el comportamiento de la acrilamida y las características sensoriales del café arábica *Coffea arabica* tostado tipo “Oscuro” y almacenado en empaque trilaminado (PET, ALU, PEBD) por seis meses. Para el análisis se utilizó un café tostado tipo oscuro y se almacenó a temperatura ambiente en un empaque trilaminado por 180 días, al cual se realizó un análisis mensual de acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y análisis sensorial en taza donde los atributos determinantes fueron el sabor y el puntaje total con análisis microbiológico en el último mes de almacenamiento. Los resultados de acrilamidas en el día 30 mostraron 204.5  $\mu\text{g/Kg}$  y en el día 180 mostraron 109.7  $\mu\text{g/Kg}$  con una reducción conforme aumenta el tiempo, de igual manera, los resultados de las características sensoriales (sabor y puntaje total) a través del tiempo mostraron una reducción significativa. La relación de la cuantificación de la acrilamida y el atributo “sabor” mostraron una correlación positiva alta lo que determinó que en 120 días en adelante se intensifica la reducción de las características organolépticas y las acrilamidas muestran el punto de disminución significativa. Por lo tanto, el tiempo máximo de almacenamiento donde las características sensoriales siguen siendo agradables al consumidor de un café de calidad comercial alta son en 4 meses con valor de puntaje total 73 puntos y contenido de acrilamida de 159.6  $\mu\text{g/Kg}$ .

*Palabras clave:* acrilamida, análisis sensorial, almacenamiento, café tostado.

### **Abstract**

The objective of this research was to determine the relationship between the behavior of acrylamide and the sensory characteristics of Arabica coffee *Coffea arabica* dark roasted type and stored in trilaminate packaging (PET, ALU, LDPE) for six months. For the analysis, dark roasted coffee was used and stored at room temperature in trilaminate packaging for 180 days, to which a monthly analysis of acrylamides ( $\mu\text{g/Kg}$ ) and sensory analysis in the cup were performed where the determining attributes were the flavor and the total score with microbiological analysis in the last month of storage. The results of acrylamides on day 30 showed 204.5  $\mu\text{g/Kg}$  and on day 180 showed 109.7  $\mu\text{g/Kg}$  with a reduction as time increases, likewise, the results of the sensory characteristics (flavor and total score) over time showed a significant reduction. The relationship between acrylamide quantification and the "flavor" attribute showed a high positive correlation, which determined that the reduction in organoleptic characteristics intensifies after 120 days, and acrylamides show a significant decline. Therefore, the maximum storage time for high-quality commercial coffee where the sensory characteristics remain pleasing to the consumer is 4 months, with a total score of 73 points and an acrylamide content of 159.6  $\mu\text{g/kg}$ .

*Keywords:* acrylamide, sensory analysis, storage, roasted coffee.

## I. INTRODUCCIÓN

En la industria cafetalera, el tostado constituye una etapa crucial en el cambio del grano verde, ya que en este proceso se desarrollan compuestos que definen atributos sensoriales deseables como el sabor, acidez, y el cuerpo del café (Castillo et al., 2016).

El proceso de tostado representa una etapa clave en la determinación de la calidad sensorial del café, la variación de temperatura y duración del tueste influyen significativamente en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales (Osorio et al., 2021). Durante esta etapa, los granos verdes, que presentaban una textura dura y aroma vegetal, se transforman en estructuras más frágiles de tono marrón oscuro con un aroma más pronunciado, este cambio se debe a fenómenos físicos como reacciones químicas, como la pirolisis, el cual originan compuestos volátiles y no volátiles responsables del sabor y aroma característico del producto final (Campo y Gaviria, 2019). Debido a las propiedades sensoriales atractivas del café, en el Perú se ha registrado un consumo promedio 1.4 kilos de café tostado al año por habitante, el cual se busca aumentar a 2 kilos al año 2030 (León, 2022). A nivel global, el mercado del café tostado alcanzo un valor de US\$ 361 mil millones, y se prevé un crecimiento promedio anual del 4.3% hasta el 2025 (Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales [CIEN], 2023).

Sin embargo, diversos autores han advertido sobre la generación de compuestos potencialmente nocivos durante el proceso de tostado del café, especialmente cuando se emplea temperaturas elevadas. Uno de los más relevantes es la acrilamida, sustancia que fue clasificada en 1994 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer como probablemente cancerígena para los humanos (grupo 2A) (Ortiz-Barredo, 2004). Según Vural (2022), esta entidad identifico al café como una fuente significativa de exposición alimentaria a la acrilamida, junto con productos como la papa y los cereales, este compuesto se forma a partir de la degradación de

la asparagina libre en presencia de azúcares reductores, razón por la cual la Unión Europea estableció niveles de referencia para el café tostado con 400 µg/Kg (Vural, 2022).

Sin embargo, se ha observado que la estabilidad de la acrilamida tiende a disminuir con el tiempo de almacenamiento del producto (Moreno et al., 2007). Además, el prolongado almacenamiento del café tostado podría favorecer la degradación de este compuesto, también se ha planteado que puede afectar negativamente ciertos atributos sensoriales apreciados por los consumidores (Codex Alimentarius, 2009).

Por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento de la acrilamida y las características sensoriales del café arábica *Coffea arabica* tostado tipo “Oscuro” y almacenado en empaque trilaminado (PET, ALU, PEBD) por seis meses.

### **1.1. Descripción y formulación del problema**

A nivel mundial, el café se posiciona como una de las bebidas de mayor consumo además en el comercio internacional significa el segundo producto más importante solo por detrás del petróleo (Correa et al., 2021). Durante la producción, el tratamiento térmico representa uno de los puntos clave para el desarrollo de atributos sensoriales como el sabor, color oscuro, textura quebradiza y porosa en el grano destinado a la preparación de bebidas. No obstante, la exposición a altas temperaturas también induce cambios en la microestructura y favorece la formación de compuestos no deseados, entre ellos la acrilamida (Folmer, 2017).

No obstante, diversos estudios han indicado que la estabilidad de la acrilamida varía con el tiempo, observándose en el café una disminución significativa entre los 3 a 6 meses de

almacenamiento. Este fenómeno se atribuye a la reacción de la acrilamida con los grupos sulfhidrilo (- SH) presentes en el alimento (Hoenicke y Gatermann, 2005). Sin embargo, es importante considerar que el perfil sensorial es uno de los principales atributos de calidad y puede verse afectada en el almacenamiento donde se produce la degradación de los compuestos aromáticos generando la aparición de notas rancias y aromas característicos del envejecimiento (Stark, 2012).

Es por ello por lo que el presente estudio plantea evaluar el siguiente problema:

**A. Problema principal**

1. ¿Cuál es la relación que existe entre el comportamiento de la acrilamida y las características sensoriales del café arábica tostado tipo oscuro almacenado en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD por seis meses?

**B. Problemas secundarios**

1. ¿Cómo se presentan los niveles de las características sensoriales en el café arábica tostado tipo oscuro almacenado en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD por seis meses?

2. ¿Cómo se presentan los niveles de la cuantificación de la acrilamida en el café arábica tostado tipo oscuro almacenado en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD por seis meses?

3. ¿Cuál es la relación que existe entre los niveles de las características sensoriales y los niveles de cuantificación de la acrilamida en café arábica tostado tipo oscuro almacenado en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD por seis meses?

4. ¿Cuáles serán las características microbiológicas del café tostado oscuro almacenado por 6 meses en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD?



## 1.2. Antecedentes

A nivel nacional no se encontraron trabajos respecto a la evaluación de acrilamidas en café tostado y almacenado, sin embargo, se encontraron investigaciones que detallan la influencia de las acrilamidas en alimentos.

### 1.2.1. Antecedentes Nacionales

Huaraca (2023) investigo sobre el uso de antioxidantes extraídos de la tara *Caesalpinia spinosa* para la reducción de la acrilamida y el hidroximetilfurfural en hojuelas de papas, el objetivo general del estudio fue evaluar el impacto de los compuestos fenólicos presentes en dichos extractos sobre la formación de estos contaminantes usando un modelo basado en asparagina y glucosa. La muestra incluyo hojuelas de papas y compuestos de la tara en diferentes concentraciones. Los resultados mostraron que los compuestos fenólicos lograron reducir hasta en un 96 % la formación de acrilamida, lo que evidencia el potencial de la tara como fuente natural efectiva para mitigar la presencia de acrilamida e hidroximetilfurfural en papas fritas.

Estrada y Dioses (2022), realizaron una recopilación bibliográfica sobre la acrilamida en alimentos en la ciudad de Sullana en Perú. El objetivo principal fue identificar los alimentos con mayor riesgo de contener acrilamidas, sus mecanismos de formación, efectos en la salud de las personas y posibles estrategias para su reducción. La investigación concluyó que este compuesto se genera principalmente en alimentos ricos en carbohidratos que contienen asparagina, especialmente cuando se someten a altas temperaturas durante tiempos prolongados. Los productos más susceptibles a su formación son el café y sus sucedáneos, las papas fritas y diversos productos horneados. Además, se plantean medidas para reducir su presencia, como el uso de

ácidos, inhibidores de asparagina y antioxidantes naturales. Finalmente, se destaca que la técnica más precisa para la cuantificación de acrilamida es la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS).

Santín – Sánchez (2018), evaluó la formación de acrilamida durante el proceso de elaboración de panela granulada en la región de Piura, Perú, y propuso estrategias para su reducción. El objetivo principal fue evaluar la acrilamida que se forma en la producción de panela. El estudio se llevó a cabo en dos módulos paneleros, donde se observaron las condiciones del proceso, se registraron parámetros críticos y se realizaron muestreos para el análisis. Los resultados señalaron que el momento más crítico es durante el vertido manual de las mieles para el enfriamiento, en el cual se alcanzan concentraciones de hasta 400 µg/kg de acrilamida, asociadas directamente al incremento de la temperatura. Asimismo, se destacó la importancia de controlar el pH desde la etapa de clarificación hasta la concentración como complemento al control térmico en la reducción de dicho contaminante.

Guzman (2020), analizo métodos para reducir la presencia de acrilamida en la producción de hojuelas de papa en Arequipa – Perú, utilizando aditivos, aglutinantes, diferentes tipos de aceites y temperaturas de fritura que puedan generar el menor contenido de acrilamida. Los resultados detallaron que para disminuir el contenido de acrilamida según los parámetros detallados fueron: el aditivo adecuado para el lavado de la pulpa de papa fue una combinación de ácido cítrico y bicarbonato de sodio, sustituir el almidón por 20% de harina de arroz integral, usar aceite de maíz y la temperatura de fritura fue de 180 °C para obtener un producto con características sensoriales aceptables.

### ***1.2.2. Antecedentes Internacionales***

A nivel internacional, se encontraron investigaciones que detallan la presencia de acrilamida en el café tostado.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] y Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006) realizaron un estudio técnico sobre la presencia de acrilamida en alimentos, a partir de hallazgos realizados por investigadores en Estocolmo, Suecia, quienes asociaron la formación de esta sustancia con procesos térmicos a altas temperaturas. Ante esta evidencia, ambos organismos emitieron recomendaciones sobre los posibles efectos para la salud humana, así como en la necesidad de monitorear su presencia en la dieta. Este informe marcó el inicio de una serie de investigaciones internacionales centradas en comprender los mecanismos de formación de acrilamida y su aparición en productos sometidos a fritura, horneado, asado y tostado.

Strocchi et al. (2022), realizaron una revisión bibliográfica centrada en la formación de acrilamida en café y su mitigación enfocada en su uso en la industria. Las conclusiones mencionan algunas propuestas para su mitigación, donde destacan el tostado en ambientes modificados, el vacío o vapor sobrecalentado, así como la aplicación de enzimas específicas. No obstante, los autores señalan que estas estrategias aún requieren validación a escala industrial, asegurando que no comprometan la calidad sensorial del producto. Asimismo, recomiendan ampliar las investigaciones sobre factores como el origen del grano, la concentración de acrilamida y el efecto de variables externas, incluyendo el cambio climático, sobre los precursores de este compuesto.

Ortiz-Barredo (2004), determinaron los niveles de acrilamida en el café, ya que en este

producto se encontró presencia de acrilamida probablemente por dos factores: el proceso de tostado y su composición, ante ello el Departamento de Agricultura del Gobierno Vasco realizó una investigación para determinar los niveles de acrilamidas en infusiones de café molido con diferentes procesos de tostado, donde concluyó que los tipos de cafetera influyen en la cantidad de acrilamida en la infusión.

Mesías y Morales (2017), investigaron la influencia del método de preparación del café en el contenido de acrilamida de la bebida, para ello el método experimental consistió en preparar la bebida manteniendo la proporción de agua – café pero en diferentes modelos de cafeteras y métodos de extracción, , donde llegaron a la conclusión que la acrilamida presenta una alta solubilidad al agua esto hace que los métodos de preparación del café tostado referido al tipo de molido y al uso de diferentes cafeteras no presente cambios significativos a los niveles de acrilamidas.

Li et al. (2023), realizaron una revisión bibliográfica sobre métodos para mitigar la formación de acrilamida durante la producción de café e investigar los mecanismos de inhibición relacionados, con especial énfasis los mecanismos de inhibición y en el desarrollo de tecnologías orientadas a reducir su formación. Detallaron que las etapas de procesamiento deben garantizar la calidad y seguridad controlando el contenido de acrilamida en el café, por ejemplo, la selección de granos de café verde, el método de procesamiento, el tostado, el tiempo de almacenamiento y preparación de la bebida. Sin embargo, recomiendan mejorar las tecnologías para producir café de alta calidad con bajo nivel de acrilamida.

Codex Alimentarius (2009), detalla en el: Código de Prácticas para Reducir el contenido

de acrilamidas en los alimentos CAC/RCP 67, señala que diversos estudios han evidenciado una disminución de los niveles de acrilamida en el café tostado cuando este es sellado herméticamente y almacenado por periodos prolongados. Asimismo, se menciona que ciertas modificaciones en el método de tostado pueden influir en dicha reducción. No obstante, se advierte que cualquier alteración en el proceso de tostado, en el tipo de envasado o en las condiciones de almacenamiento podría afectar negativamente las propiedades sensoriales del producto final.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General***

Determinar la relación que existe entre el comportamiento de la acrilamida y las características sensoriales del café arábica *Coffea arabica* tostado tipo “Oscuro” y almacenado en empaque trilaminado (PET, ALU, PEBD) por seis meses.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- Identificar los niveles de las características sensoriales en el café arábica tostado tipo oscuro almacenado en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD por seis meses.
- Identificar los niveles de la cuantificación de la acrilamida en el café arábica tostado tipo oscuro almacenado en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD por seis meses.
- Determinar la relación que existe entre las características sensoriales y la cuantificación de la acrilamida en el café tostado tipo oscuro almacenado por 6 meses, según el tiempo.
- Determinar las características microbiológicas del café tostado oscuro almacenado por 6 meses en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD.

#### 1.4. Justificación

El aroma y el sabor característicos del café, atributos que lo convierten en una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, se produce por el proceso del tostado a altas temperaturas. Este proceso genera un color más oscuro, textura quebradiza y porosa del grano facilitando la molienda y elaboraciones de bebidas (Folmer, 2017). Sin embargo, el uso de altas temperaturas junto con factores externos puede generar la formación de compuestos tóxicos también llamados contaminantes químicos de proceso que pueden afectar la seguridad del alimento (Navarro et al., 2007). En el café, el tostado se realiza generalmente entre 220 y 250 °C, rango en el cual ocurren reacciones complejas como la de Maillard, responsable de desarrollar compuestos de sabor y aroma, pero también de la formación de acrilamida (Guenther et al, 2007). Este compuesto, ha sido clasificada como un probable carcinógeno para los humanos por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) cuya exposición a niveles elevados podría causar daño al sistema nervioso (Navarro et al., 2007). No obstante, estudios recientes han demostrado que la acrilamida presente en el café tostado no permanece estable durante el almacenamiento, ya que su concentración puede disminuir dependiendo del tiempo y las condiciones del empaque (Strocchi et al., 2022). A pesar de ello, un almacenamiento prolongado también podría deteriorar las propiedades sensoriales del producto final.

Por tal motivo, la justificación del siguiente proyecto de tesis está dirigido a recopilar información teórica y práctica respecto a que el almacenamiento prolongado en condiciones controladas por 6 meses del café tostado de manera comercial podría disminuir la cantidad de acrilamida, sin embargo, las características sensoriales del café también se verían afectadas de manera poco significativa siendo aún agradable al consumidor.

### **1.5. Hipótesis**

La acrilamida se relaciona con las características sensoriales del café arábica tostado tipo oscuro almacenado durante seis meses en empaque trilaminado PET, ALU, PEBD.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

#### 2.1.1. Café

El café es considerado una de las principales bebidas a nivel mundial y constituye un producto de exportación relevante para diversos países. Entre más de 100 especies del género *Coffea* solo el *Coffea arabica* y *Coffea canephora* son de importancia comercial (Batista et al., 2016). Se reconoce que el café es originario de la alta Etiopia, el cual es considerado la cuna del café, donde se hace uso de este producto desde mucho tiempo atrás, además se reconoce que los persas fueron uno de los primeros pueblos en adoptar su uso, mientras que los árabes jugaron un papel fundamental en su expansión y popularización en otras regiones (Gómez, 2010).

La figura 1 representa la estructura del fruto del café.

#### Figura 1

*Estructura de fruto café*



*Nota.* Adaptado de “Estructura y funcionamiento de la planta de café”, por Flórez et. al., 2013.

#### 2.1.1.1. Características fisicoquímicas del café verde. Según Osorio y Pabón (s.f.), los



compuestos fenólicos como los ácidos clorogénicos son responsables del aroma, astringencia y amargor percibido en el producto final. Asimismo, la sacarosa constituye el principal carbohidrato del grano verde, y durante el proceso de tostado participa en la reacción de Maillard, la cual es clave en el desarrollo del aroma y sabor característicos. Por otro lado, los lípidos presentes están asociados tanto a la percepción del aroma como a la formación de espuma durante la preparación de la bebida.

### **2.1.2. *Café Tostado***

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 209.028:2015, emitida por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL, 2021), para obtener el café tostado, la materia prima debe someterse a temperaturas cercanas a 200 °C, mediante el cual cambian las propiedades fisicoquímicas del grano, originando compuestos que definen atributos sensoriales como el sabor, la acidez, el cuerpo y el sabor residual, los cuales pueden ajustarse según las preferencias del consumidor.

**2.1.2.1. Proceso de tostado.** El proceso de tostado consiste en la transformación del grano de café verde, que posee características organolépticas herbales, en un producto con propiedades sensoriales y fisicoquímicas más apreciadas por el consumidor. La aplicación de calor induce cambios fisicoquímicos que modifican significativamente la estructura del grano, volviéndolo más quebradizo y aumentando su volumen debido a la pérdida de humedad y al cambio de coloración (Rodríguez et al., 2020). Asimismo, el proceso de tostado genera diversas reacciones bioquímicas responsables de las características sensoriales finales, este proceso cambia la composición de los aminoácidos y compuestos bioactivos (Todhanakasem, 2025).

Existen cinco etapas del tostado: desecación, crecimiento, disgregación, tostado completo y enfriamiento. A los 50 °C, el color del grano verde cambia a amarillo, desprende un olor característico de los productos horneados junto con vapor de agua. Cuando la temperatura de tostado llega entre 120 °C a 130 °C, se muestran nuevos cambios físicos, la coloración se muestra castaña con coloraciones más pardas además aumenta su volumen, pero sin cambio en el olor (Prieto, 2002). A medida que el proceso avanza, se activa la reacción de Maillard, considerada una de las principales responsables del desarrollo del perfil aromático del café (Soares et al., 2023). Posteriormente, entre los 150 °C a 180 °C se inicia la pirolisis, una etapa crítica en la que el grano incrementa su volumen debido a la acumulación de vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono y compuestos volátiles generados durante el proceso. En este punto, se intensifican el color marrón y el aroma característico del café, producto de la combinación de la reacción de Maillard y la caramelización de los azúcares. Además, se produce el fenómeno conocido como primer crack, un sonido distintivo generado por la liberación de presión interna dentro del grano (Prieto, 2002).

Exceder el tostado del grano implica mayor tiempo de proceso lo que genera cambios indeseables en el grano tanto sensoriales y químicos, el color se vuelve casi negro – carbonizado con sabor sobre caramelizado y amargo con reducción de la acidez además de pérdida del aroma característico y compuestos volátiles (Pacheco, 2016).

La tabla 1 representa los cambios físicos durante el tostado del grano

**Tabla 1**

*Cambios físicos durante el tostado del grano*

<b>Tipo de Café</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Perdida por Tostado (%b.s)</b>	<b>Perdida Orgánica (%b.s)</b>	<b>Densidad (g/ml)</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Radio (mm)</b>	<b>Porosidad (-)</b>
Verde	0,15	10 - 12	0	0	1,2 – 1,4	0,11 – 0,13	3	<0,1
Tostado medio a oscuro	0,13	2 – 3	15 - 18	5 - 8	0,7 – 0,8	0,16 – 0,19	3,5	0,5

*Nota.* El diámetro se establece de una esfera del mismo volumen. Adaptado de “Estimación del tiempo de vida útil del café tostado tipo premium (*Coffea arabica*) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas” por Bonnlander *et al.* (2005) citado en Pacheco (2016).

**2.1.2.2. Tostado oscuro.** Según Castillo et al. (2016) mencionan que existen tres escalas de tueste de acuerdo con la Escala Agtron, un sistema de puntos para calificar los diferentes tipos de tueste, estos van de 95 – 75 para tueste claro, 65 – 55 para tueste medio y de 45 – 25 para tueste oscuro.

La figura 2 representa la escala de tueste del café.

**Figura 2**

*Escala de tueste de café*



*Nota.* Adaptado de “Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café. Ministerio de Industrias y Productividad de Ecuador “por Castillo *et al.* (2016).

**2.1.2.3. Molienda.** El café tostado y molido posee características físicas que influyen en el manejo, transporte y almacenamiento del producto debido a su cohesión y segregación, además el tamaño de las partículas molidas guarda estrecha relación con la preparación de las bebidas con características organolépticas agradables. Durante la preparación, el agua caliente entra en contacto con las partículas de café, y este tiempo de contacto influye en la extracción de compuestos aromáticos y de sabor. Existe una relación inversa entre el tamaño de partícula y el área de contacto: a mayor tamaño, menor superficie expuesta al agua, lo que puede generar bebidas subextraídas, con coloración clara y baja intensidad. Por el contrario, partículas excesivamente finas incrementan el área de contacto, lo que puede llevar a una sobreextracción, produciendo bebidas más oscuras y con perfiles sensoriales desequilibrados (Guevara-Barreto y Castaño-Castrillón, 2005).

**2.1.2.4. Situación de la producción de café en Perú.** En el año 2022, la producción de café en el Perú alcanzó las 234 200 toneladas, lo que representó una disminución del 14 % (equivalente a 37 800 toneladas) en comparación con el año anterior. Esta caída se atribuye a

diversos factores, entre ellos el cambio climático, la presencia de plagas en los cultivos y el estrés socioeconómico de los productores (“Producción peruana de café alcanzo las 234 200 toneladas en 2022, mostrando una caída de 14%”, 2023). Asimismo, del total de producción de café, el departamento de Cajamarca es el que concentra el 25 % siendo la principal región productora del Perú, seguido por Junín y Pasco, y esto se debe a las prácticas agrícolas para reducir el impacto de plagas, pero sin afectar la calidad del producto. Por otro lado, en términos de comercio exterior, el país registró un crecimiento del 60,3 % en la exportación de café tostado entre 2021 y 2022. Los principales destinos fueron Estados Unidos, Alemania, Bélgica, Colombia y Suecia, que en conjunto representaron el 67,6 % del volumen exportado (Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales [CIEN], 2023).

### **2.1.3. Acrilamida**

Según la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN, 2020), a acrilamida es una sustancia química que puede formarse de manera natural en alimentos con alto contenido de almidón cuando se someten a procesos térmicos a altas temperaturas y baja humedad, como la fritura, el tostado o el horneado, esta formación es principalmente por la reacción de Maillard donde influye la presencia de azúcares y ciertos aminoácidos especialmente, la asparagina.

Por su parte, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) la acrilamida está considerada como posible causa de cáncer en humanos, sin embargo, aún no se tienen resultados en experimentos en humanos respecto a su capacidad de toxicidad (Cámara et al., 2017).

**2.1.3.1. Formación de acrilamida en alimentos.** La acrilamida es un compuesto químico que no se encuentra de forma natural en los alimentos, sino que se forma durante ciertos procesos

térmicos, su formación está estrechamente relacionada con la reacción de Maillard, principalmente en alimentos con alto contenido de almidón (García-López y Alfaro-Macedo, 2007). Adicional, el tipo de procesamiento aplicado influye directamente en su generación, siendo más común en métodos como la fritura, el horneado y el tostado, especialmente cuando se prolonga el tiempo de cocción (Alefe et al., 2024).

**2.1.3.2. Acrilamida en café.** Los alimentos más propensos a la formación de acrilamida durante su procesamiento son los productos a base de cereales, las papas y el café. En este último, la presencia de acrilamidas está asociada al proceso del tostado y la variedad del grano (Valenzuela y Ronco, 2007). El tostado del café tiene como finalidad desarrollar atributos sensoriales deseables como el sabor, color y textura porosa que facilite la molienda y elaborar bebidas. Sin embargo, el proceso de tostado también provoca reacciones químicas, deshidratación y cambios en la microestructura (Folmer, 2017). La acrilamida encontrada en los granos de café presentaba un promedio de 249  $\mu\text{g/Kg}$  y en café instantáneo de 710  $\mu\text{g/Kg}$  (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria [EFSA], 2015).

**2.1.3.3. Mecanismos de formación de la acrilamida en café.** El rango de temperatura de tueste del café es de 220 – 250 °C, donde se llevan a cabo múltiples reacciones químicas, entre las cuales destaca la reacción de Maillard como la principal responsable de la formación de acrilamida, siendo la vía más ampliamente aceptada la que involucra la interacción entre la asparagina libre y los azúcares (Guenther et al., 2007).

**A. Vía Reacción de Maillard.** La reacción de Maillard es un proceso de pardeamiento no enzimático que ocurre entre azúcares reductores y aminoácidos, siendo responsable del desarrollo de compuestos aromáticos y sabores agradables en diversos alimentos. En caso del café tostado, la formación de acrilamida se relaciona principalmente con la presencia de asparagina libre y

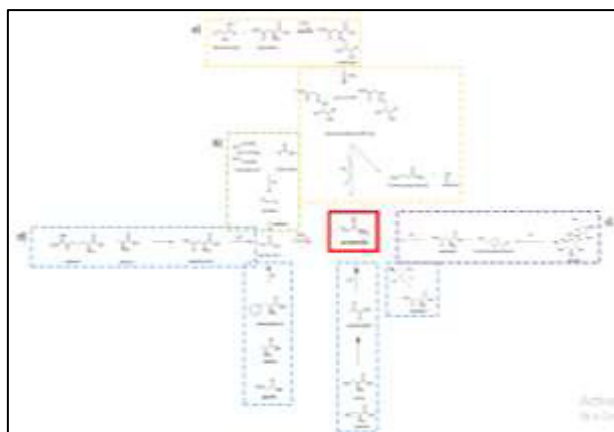
azúcares reductores, en condiciones térmicas superiores a los 100 °C. En esta vía, el grupo amino reacciona con el grupo carbonilo de un azúcar reductor, formando un derivado N-glucosilo, este compuesto intermedio puede sufrir reordenamientos moleculares mediante reacciones de deshidratación generando una variedad de productos de bajo peso molecular, entre ellos compuestos bicarbonilos. (Valenzuela y Ronco, 2007).

**B. Otras vías de formación.** La acrilamida también se puede formar a partir de la acroleína en alimentos con alto contenido lipídico o a partir del ácido acrílico, esto asociado a procesos oxidativos por la degradación térmica producto de la reacción de Maillard, la acroleína aporta un grupo carbonilo funcional que en presencia de asparagina dar lugar a la formación de acrilamida en concentraciones significativas (Valenzuela y Ronco, 2007).

La figura 3 representa a las vías de formación de la acrilamida en el café tostado.

### Figura 3

*Vías de formación de la Acrilamida en el café tostado.*



*Nota.* Adaptado de “Acrylamide in coffee: What is known and what still needs to be explored. A review” por Strocchi et al., 2022.

**2.1.3.4. Factores que afectan los niveles de acrilamida en el café.** Existen diversos

factores que afectan la concentración de acrilamida en el café tostado, se menciona que la especie del grano juega un rol importante en la concentración de acrilamida, los granos de *Coffea canephora* (robusta) presentan un elevado valor de acrilamida que el grano de *Coffea arabica*, además el contenido de acrilamida tiende a disminuir durante el almacenamiento prolongado y también influye los métodos de preparación de la bebida en su concentración final (Food and Drug Administration [FDA], 2016).

A continuación, una lista de factores que influyen en los niveles de acrilamida:

- Influencia de la especie de café
- Origen del café
- Tratamientos post-cosecha
- Influencia de la baja calidad del café verde

#### **2.1.4. Relación del almacenamiento del café tostado y las acrilamidas**

Diversos estudios han evidenciado que la acrilamida no es un compuesto estable durante el almacenamiento del café tostado ya que su concentración depende factores como la duración del almacenamiento, temperatura y la atmosfera dentro del envase (Strocchi et al., 2022).

Según Delatour et al. (2004) observaron una reducción significativa de acrilamida durante el almacenamiento: en café soluble, la concentración disminuyó de 771 a 256 µg/kg, mientras que en café tostado pasó de 203 a 147 µg/kg luego de 7 meses de almacenamiento a temperatura ambiente y en envases cerrados.

La degradación de la acrilamida durante el almacenamiento del café tostado depende principalmente de tres factores: el tiempo, la temperatura y la composición del aire en el interior



del envase. De estos, la temperatura ha sido identificada como el factor más determinante en la variación de su concentración. Este efecto se relaciona con la presencia de grupos sulfhidrilo (-SH) en la matriz del café, los cuales pueden reaccionar con el grupo vinilo de la acrilamida mediante un mecanismo de adición de Michael (Pattanayak y Mohapatra, 2023).

Diversos estudios han demostrado que el contenido de acrilamida en el café tostado tiende a disminuir significativamente con el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, aún existe poca evidencia concluyente sobre si la reducción afecta los compuestos responsables del sabor o la calidad sensorial del producto final (Li et al., 2023).

#### ***2.1.5. Relación del almacenamiento del café tostado y las características sensoriales***

El almacenamiento del café provoca una degradación progresiva de las características sensoriales reduciendo la aceptabilidad por parte del consumidor. Este fenómeno es conocido como añejamiento o por su término en inglés *staling*, que describe los cambios negativos del sabor y aroma que con el tiempo prolongado de almacenamiento genera una pérdida o transformación de los compuestos aromáticos, lo cual da lugar a sabores rancios o envejecidos (Stark, 2012).

Durante el almacenamiento, los granos de café tostados son susceptibles a reacciones químicas y físicas influenciadas por factores externos como la humedad, oxígeno, luz y olores extraños, los cuales pueden afectar negativamente su calidad sensorial, asimismo la descomposición de los aceites esenciales y la formación de aromas volátiles en presencia del oxígeno son los principales responsables de la pérdida de los olores y sabores del producto final (Ross et al., 2006; Makri et al., 2011; Toci et al., 2013, citados en Kreuml et al. 2013).

### **2.1.6. Catación del café**

Según Carpenter (2002), la capacidad de interpretar estímulos sensoriales, es decir, el proceso mediante se toma conciencia de una sensación. Mientras que la percepción se estudia a través de métodos psicológicos, los estímulos que la generan pueden analizarse mediante técnicas físicas o químicas. En la cata del café, el análisis sensorial permite al evaluador desarrollar una mayor capacidad para distinguir características específicas, identificar notas sutiles vinculadas al origen del grano y valorar los atributos positivos de la bebida (Caballero et al., 2014). Según Parada et al., 2020 las características sensoriales más importantes se pueden definir como: Aroma: Es la percepción olfativa que se experimenta principalmente al momento de moler el café, antes de añadir agua.

- Acidez: Se considera una propiedad positiva que proporciona viveza y frescura a la bebida. Se manifiesta como una sensación de sequedad percibida en los bordes de la lengua y en la parte posterior del paladar, y contribuye a la estructura del cuerpo del café.
- Cuerpo: Se define como la sensación de permanencia del café en la boca, varía entre ligero a fuerte o intenso.
- Sabor: Se define como la relación entre los tres factores antes mencionados, las características comunes que genera son: riqueza, gama, complejidad y balance.
- Retrogusto: Corresponde a las sensaciones residuales percibidas inmediatamente después de ingerir la bebida.

- Cualidades: Se define como el conjunto de características que son deseables o indeseables presentes en el café, tales como: brillo, sequedad, agudeza, acaramelado, achocolatado, fragante, frutal o las que no son agradables amargo, sucio, plano, graso, agrio o delgado.

#### **2.1.7. Método de Detección de Acrilamidas**

La acrilamida es un compuesto de bajo peso molecular, altamente polar, hidrosoluble, volátil y con elevada reactividad, lo que complica su detección analítica. Debido a estas propiedades, los métodos empleados para su cuantificación suelen utilizar la espectrometría de masas como sistema de detección final, dada su alta sensibilidad. No obstante, los procedimientos de preparación de muestra pueden variar entre laboratorios. Los métodos más utilizados para la detección de este toxico son la cromatografía de gases/ espectrometría de masas, que requiere un paso previo de derivatización para evitar sobreestimar los niveles de acrilamida, por lo que el método de la cromatografía líquida acoplada a un detector de espectrometría de masas LC - MS/MS) es ampliamente utilizada por su precisión y confiabilidad (Navarro et al., 2007).

**2.1.7.1. Cromatografía líquida asociada a espectrometría de masas en masas (UPLC – MS/MS).** Según Ospina (2004, citado en Salazar, 2021), menciona que este procedimiento permite la separación de productos poco volátiles, el método consiste en inyectar una mezcla en un sistema donde es arrastrada por una fase móvil (generalmente un solvente) a través de una columna cromatográfica. Esta interacción entre los analitos en fase móvil y el relleno de la columna permite obtener los compuestos para su detección, caracterización y cuantificación precisa.

La figura 4 representa los iones para el análisis de acrilamida.

**Figura 4**

*Iones para el análisis de acrilamida por LC-MS/MS*

Los iones monitorizados para el análisis de acrilamida por LC-MS/MS son  $(\text{CH}_2 = \text{CHC} = \text{O})^+ = 55$  y  $(\text{CH}_2 = \text{CHC} = \text{NH})^+ = 54$ ,  $(\text{CH}_2\text{CHCONH}_2) = 72$  m/z.

*Nota.* Adaptado de “Desarrollo de un método analítico para la cuantificación de acrilamida en tostadas de tortilla de maíz procedentes de Monterrey (México) y estimación de la exposición dietética” de Santos, 2017.

### ***2.1.8. Marco Normativo para el aseguramiento de la inocuidad alimentaria en referencia a la Acrilamida***

**2.1.8.1. Reglamento (UE) 2017 / 2158.** En el año 2017, se estableció el reglamento que establece las medidas de mitigación y niveles de referencia para la reducción de la presencia de acrilamida en los alimentos. Esta normativa se basa en la evaluación realizada por el Panel de Contaminantes de la Cadena Alimentaria (CONTAM) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), que en 2015 concluyó que la exposición dietética a la acrilamida podría incrementar el riesgo de cáncer en humanos. En dicho reglamento se incluye una lista de productos alimentarios, entre ellos el café tostado, para los cuales se proponen acciones específicas de control. Asimismo, se recomienda la implementación de estrategias de mitigación como la optimización del proceso de tostado o el uso de enzimas como la asparaginasa para reducir la formación de acrilamida (Comisión Europea, 2017).

La tabla 2 representa los niveles de referencia para detectar la presencia de acrilamida en productos alimenticios según el Reglamento (UE) 2017/2158.

**Tabla 2**

*Niveles de Referencia para detectar presencia de acrilamida en alimentos.*

Alimento	Nivel de referencia (ug / Kg)
Patatas fritas listas para consumir	500
Patatas fritas a la inglesa (chips) 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
c)	
Cereales para el desayuno (a excepción del porridge)	
- Productos de salvado y cereales integrales, grano inflado	300
- Productos a base de trigo y centeno	300
- Productos a base de maíz, avena, espelta, cebada y arroz	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

*Nota.* Adaptado de “Reglamento (UE) 2017/2158 de la Comisión por el que se establecen medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la acrilamida en los alimentos” de Comisión Europea, 2017.

#### **2.1.8.2. Código de Prácticas para reducir en contenido de acrilamida en los**

**alimentos (CAC/RCP 67-2009).** El siguiente código se realizó con el comité mixto FAO/OMS con expertos en aditivos alimentarios (JECFA) los cuales determinaron los principales alimentos que podrían tener acrilamida entre ellos mencionan al café, pero no detallan la cantidad presente en la dieta. Asimismo, recomiendan al almacenamiento del café como posible método para reducir la cantidad de acrilamida con la observación que también influye en la calidad sensorial (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] y Organización Mundial de la Salud [OMS], 2009).

**2.1.8.3. NTP – ISO 18862:2022** Café y productos del café. Determinación de acrilamida. La norma técnica peruana NTP – ISO 18862:2022 establece los procedimientos analíticos para la determinación de acrilamida en el café. El método contempla la extracción del analito con agua, seguida de una etapa de limpieza mediante extracción en fase sólida y la cuantificación puede realizarse mediante cromatografía líquida de alta resolución acoplada a espectrometría de masas en tadem (HPLC-MS/MS) o mediante cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS), donde los niveles de detección cubren un rango aproximado de 53 µg/Kg a 612,1 µg/Kg (Instituto Nacional de la Calidad [INACAL], 2022).

### **2.1.9. *Empaque Trilaminado***

El tipo de empaque del café es un factor clave para preservar su calidad sensorial especialmente el aroma y sabor. El empaque permite extender la frescura del producto por periodos superiores a un año. El café almacenado sin empaque pierde gran parte de sus atributos sensoriales en siete semanas si se encuentra en grano, y entre ocho a diez días si esta molido (Cámara del Café y Cacao, 2021).

Hoy se menciona que los empaques multilaminados de polímero-aluminio son los más

usados para la conservación del café tostado (Pacheco, 2016).

Entre los materiales utilizados tenemos:

- Polietileno (PE): Se considera al plástico más utilizado en para material de empaque de envases y embalajes, entre ellos destaca el Polietileno de baja densidad (PEBD) por su fácil termosellado y flexibilidad (Castro, 2021).

- Poliésteres (PET): Son los plásticos de esteres lineales se caracterizan por brindar gran resistencia a temperaturas elevadas, excelente barrera contra el vapor de agua y eficiente contra solventes orgánicos, sin embargo, a diferencia del polietileno, este es difícil de sellar por lo que se suele usar juntos en forma de láminas (Castro, 2021).

Para una mayor eficiencia y resistencia se suele combinar el polietileno de baja densidad y el poliéster con aluminio para generar un envase al vacío (Castro, 2021).

### III. MÉTODO

#### 3.1. Tipo de investigación

La investigación será de tipo experimental y analítica, en el cual se evaluará el comportamiento de la acrilamida en el tiempo en el café arábica *Coffea arabica* tostado tipo oscuro y almacenado en empaque trilaminado (PET, ALU, PEBD) por 6 meses y el efecto en las características sensoriales del producto.

#### 3.2. Ámbito temporal y espacial

El presente trabajo estará conformado por dos partes, los análisis de toxinas fueron realizados en el Laboratorio del Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos (IBTBI) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, sede La Molina – Lima, Perú.

Mientras que los análisis sensoriales se realizarán con un panel sensorial especializado en base a la experiencia pertenecientes al panel de una empresa privada tostadora y envasadora de café ubicada en Lurín – Lima, Perú. Los análisis microbiológicos fueron realizados en el laboratorio externo Certificaciones del Perú S.A (CERPER).

La investigación se realizó entre el periodo de mayo 2024 a enero 2025.

#### 3.3. Variables

##### 3.3.1. *Variables Independientes*

- Tiempo de almacenamiento (meses)



### **3.3.2. Variables Dependientes**

- Variación de la cantidad de acrilamida por cromatografía líquida de alto rendimiento (UPLC) con la espectrometría de masas en tándem (MS/MS) (ug/Kg).
- Prevalencia de la característica Sensorial: Sabor
- Recuento de mohos UFC/g

## **3.4. Población y muestra**

### **3.4.1. Población**

La población correspondiente estuvo conformada por 57000 g de café tostado de la variedad “*Coffea arabica*”, considerado como el café con mayor participación en los supermercados del nivel socioeconómico A y B, siendo un café tostado oscuro en grano a partir de café verde arabica “*Coffea arabica*”.

### **3.4.2. Muestra**

La muestra utilizará 3000 g de la población de café tostado oscuro en grano a partir de café verde arábica “*Coffea arabica*”, el cual será dividido en 6 muestras de 250 g para el control sensorial de la cual se usó para el control microbiológico y 6 muestras de 250 g para el control de toxinas (acrilamidas). Por tema de confidencialidad, en los resultados no se van a mostrar la marca de las muestras.

Se estableció el tamaño de muestra de seis unidades ya que se tenía previsto realizar un análisis de control cada mes por un periodo de seis meses.

### **3.5. Instrumentos**

#### **3.5.1. Equipos**

- Laptop Lenovo ThinkPad T14
- Termohigrómetro marca Coolbox
- Balanza marca Precix Weight, capacidad máx. 6 Kg
- Equipo tostador capacidad temperatura 250°C
- Molino capacidad 15 Kg/min
- Equipos de Laboratorio externo del Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos (IBTBI)

#### **3.5.2. Material orgánico**

Se separó una muestra de 3000 g de granos café (*Coffee arabica*) tostado “comercial” tipo oscuro y molido, empackado en empaque trilaminado de consistencia (PET, ALU y PEBD) cada empaque tenía un contenido neto de  $250 \pm 5$  gramos y se colocó válvulas desgasificadoras.

Donde:

- PET: Polietileno Tereftalato.
- ALU: Aluminio.
- PEBD: Polietileno de baja densidad.

Los parámetros del tostado se muestran en el Perfil de Tostado tipo “Comercial” y la evolución de la temperatura del café durante el tostado mediante equipo IKAWA Pro, Anexo 7.

### **3.5.3. *Materiales de laboratorio***

- Formulario de Análisis de Catación
- Tazas de Catación
- Guantes
- Molino La Cimbali
- Tostadora IKAWA Pro
- Tostadora Industrial
- Balanza capacidad máx. 3 Kg
- Ficha de perfil de tostado

- Fichas para recolección de los datos físicoquímicos y sensoriales
- Cámara digital

#### **3.5.4. Otros**

- Papel bond
- Cuaderno de apuntes
- Lápiz portaminas
- Marcador indeleble punta fina
- Etiquetas
- Tablero A4
- Regla de metal de 30cm

### 3.6. Procedimientos

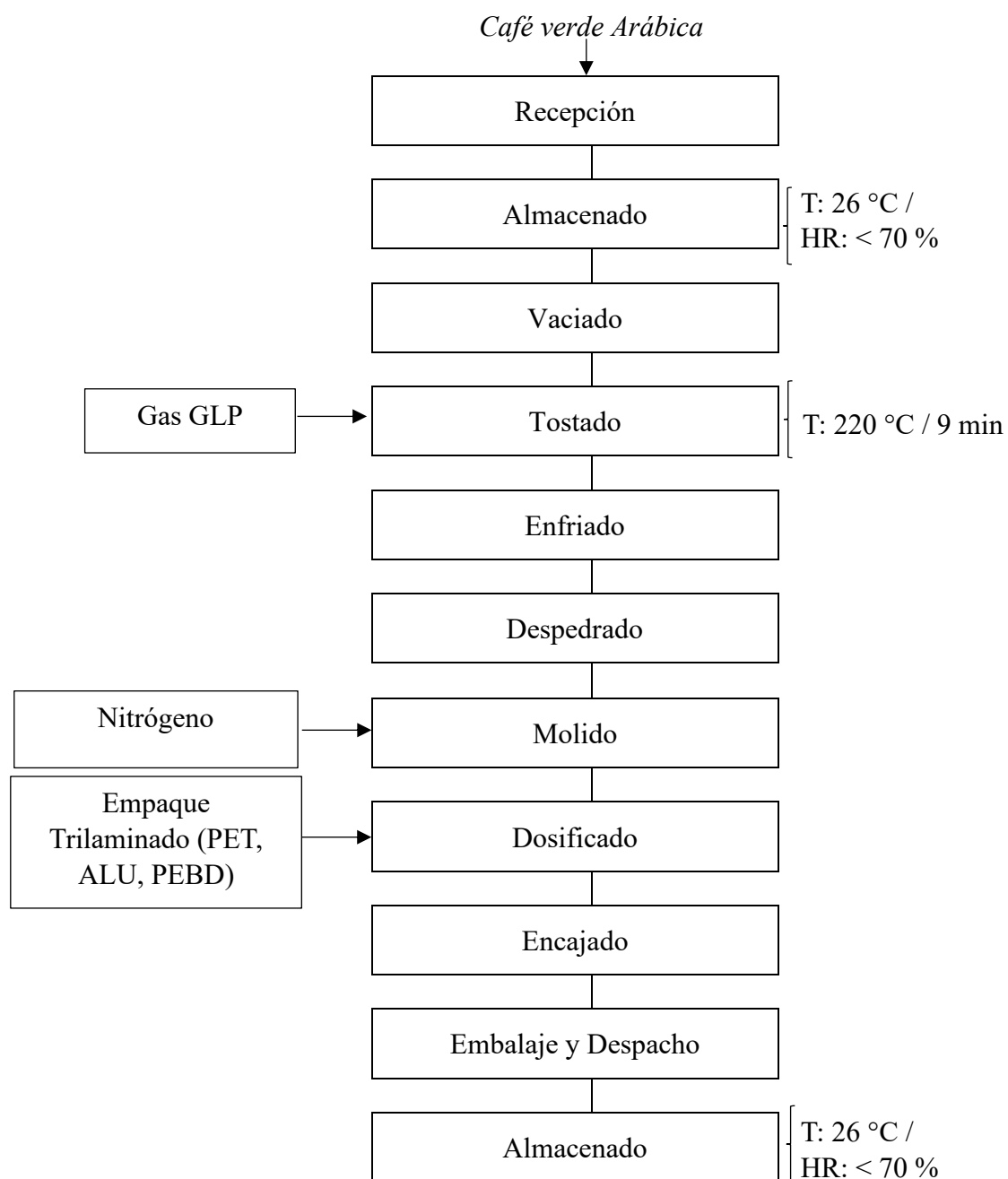
#### 3.6.1. *Obtención de las muestras*

Para esta investigación se partió de un batch de 69 Kg de café verde, este se obtiene de un acopiador externo. Este batch se tuesta bajo los estándares internos de un café catalogado como comercial (aprox. 220 °C por 9 min para un tueste oscuro) obteniendo un producto tostado tipo “Comercial”. El resultado es un café tostado de 57 Kg por la pérdida del 17.4 % del agua en el interior del grano verde sin embargo este producto gana volumen.

Para la obtención de las muestras se sigue la siguiente secuencia para obtener café tostado, esto se realiza de manera general.

A continuación, se describe las operaciones unitarias realizadas.

La figura 5 muestra el diagrama de flujo para obtener café tostado en grano.

**Figura 5***Diagrama de flujo para café tostado.*

a. Recepción

El café verde se recibió en sacos de yute, previa aprobación del producto por medio de

análisis fisicoquímico (Humedad máx. 12.5 y Análisis de Defectos) y Sensorial (Análisis cualitativo). Además del material de empaque.

b. Almacenado

El café verde se almacenó sobre parihuelas cubiertas con stretch film con un rotulo (Fecha de ingreso, Lote, Cantidad) cada parihuela es ubicado en los racks donde se controla y registra la Temperatura:  $< 26^{\circ}\text{C}$  y Humedad:  $< 70\%$

c. Vaciado

Se vació manualmente a la tolva de recepción donde pasa por un Imán

d. Tostado

El café verde fue transportado a una tostadora de gas GLP. Se tuesta a temperatura de  $220^{\circ}\text{C}$  por 9 min en batch de 69 Kg.

e. Enfriado

El café tostado fue vaciado a la carcasa de enfriamiento que cuentan con agitación constante y ventilación donde se succiona el aire caliente y mediante aspas en agitación ingresa aire frío. La agitación se realiza por un periodo de 5 a 8 minutos aproximadamente.

f. Despedrado

Los cafés tostados fueron vaciados a la carcasa de enfriamiento para ser conducido al despedrador de aire donde inicialmente pasa por el Imán y luego retira por densidad piedras y objetos extraños.

g. Molido

Luego el café tostado en grano fue enviado hacia el molido de rodillo, donde una vez molido pasa por un imán.

h. Dosificado

Luego el café molido fue recepcionado en una tolva pequeña donde es succionada hacia la Tolva dosificadora del equipo Auge, este desciende, se embolsa con bolsas trilaminadas PET, ALU, PEBD y se coloca la válvula e inyecta nitrógeno

i. Encajado

Las bolsas de café selladas se depositaron manualmente en cajas de cartón corrugado.

j. Embalaje y Despacho

Las cajas de producto se embalaron de forma manual y colocaron sobre parihuelas para su posterior entrega a Almacén.

k. Almacenado

Finalmente, las cajas con café en tarimas fueron almacenados en el Almacén General a la espera de ser distribuido a los centros destinados.

Para las pruebas sensoriales, analíticas de toxinas y microbiológico se molió todo el lote de 57 Kg en un molino Probat con capacidad 15 Kg/min y se envaso en 12 empaques trilaminados (PET, ALU y PEBD) de  $250 \pm 5$  g de café tostado y molido.

Durante el almacenamiento fue sometido a condiciones ambientales para mantener las condiciones de almacenamiento del consumidor, para ello se verifico la temperatura y la humedad relativa del ambiente ( $< 26$  °C y  $HR < 70$  %) la medición se realizó de manera diaria durante 6 meses.



La frecuencia de muestreo para la evaluación sensorial se detalla en la Tabla 3

**Tabla 3**

*Frecuencia de muestreo para evaluación sensorial*

<b>Identificación de Muestra</b>	<b>Días de muestreo</b>	<b>Temperatura promedio mensual (°C)</b>	<b>Humedad Relativa promedio mensual (%)</b>	<b>Nº de panelistas para Evaluación Sensorial x mes</b>
40624	0	19.92	68.76	4
150724	30	19.57	67.52	4
160824	60	19.64	66.60	4
130924	90	19.79	67.60	4
141024	120	21.03	66.98	4
121124	150	19.59	67.53	4
141224	180	23.43	66.50	4

La frecuencia de muestreo para los análisis de acrilamidas se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Frecuencia de análisis de acrilamidas*

<b>Identificación de Muestra</b>	<b>Días de muestreo</b>	<b>Temperatura promedio mensual (°C)</b>	<b>Humedad Relativa promedio mensual (%)</b>	<b>Nº de muestras para Acrilamidas</b>	<b>Número de repeticiones por muestra</b>
40624	0	19.92	68.76	1	3
150724	30	19.57	67.52	1	3
160824	60	19.64	66.60	1	3
130924	90	19.79	67.60	1	3
141024	120	21.03	66.98	1	3
121124	150	19.59	67.53	1	3
141224	180	23.43	66.50	1	3

Adicional, los análisis microbiológicos, para comprobar que no se supere los límites según las normas sanitarias establecidas por MINSA-DIGESA mediante el RM 591 – 2008 MINSA, esta prueba se realizó al inicio y al final de la investigación ya que a mayor tiempo de almacenamiento se identifica una evidencia más significativa de posible desarrollo de mohos.

### **3.6.2. Procedimiento para Análisis sensorial**

El análisis sensorial se realizó en granos de café tostado y molido siguiendo un formato adaptado de la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCA).

Se tomó las muestras almacenadas y fueron evaluadas por el panel “entrenado” en base a la experiencia en el laboratorio de calidad ubicado en Lurín.

El análisis sensorial se realizó con 4 panelistas “entrenados” en base a la experiencia de más de 6 años realizando Catación de café tostado para la evaluación sensorial de la producción de *Café Britt*.

Según Gutiérrez y Barrera, (2015) los catadores con muchos años de experiencia pueden desarrollar la capacidad de identificar defectos y la calidad en el café. Según García, 1989 citado en Pacheco, 2016, el Instituto de Tecnología de alimentos establece que los tamaños óptimos de jueces entrenados son de 3 – 10 panelistas.

Para fines de la siguiente investigación, a cada panelista se le hizo entrega de un formato de Catación para la evaluación de atributos sensoriales del café tostado y almacenado. Los pasos para el proceso de Catación están descritos en el Anexo 1.

### 3.6.3. Selección del atributo sensorial crítico

Para términos del presente trabajo, el análisis sensorial está determinado por 10 atributos (aroma, resabio, cuerpo, dulzor, uniformidad, sabor, acidez, taza limpia y puntaje del panelista), sin embargo, el sabor representa la característica principal del café tostado junto con el puntaje sensorial total, por tal motivo estos serán los atributos sensoriales críticos para determinar la relación de las características sensoriales y el comportamiento de la acrilamida en seis meses de almacenamiento.

Se registró la evolución de los 10 atributos durante 6 meses en relación del comportamiento de la acrilamida. La mayor diferencia para la variación sensorial del café fue el sabor y el puntaje sensorial total. Estos atributos fueron analizados por una Prueba de Normalidad en Minitab 18.

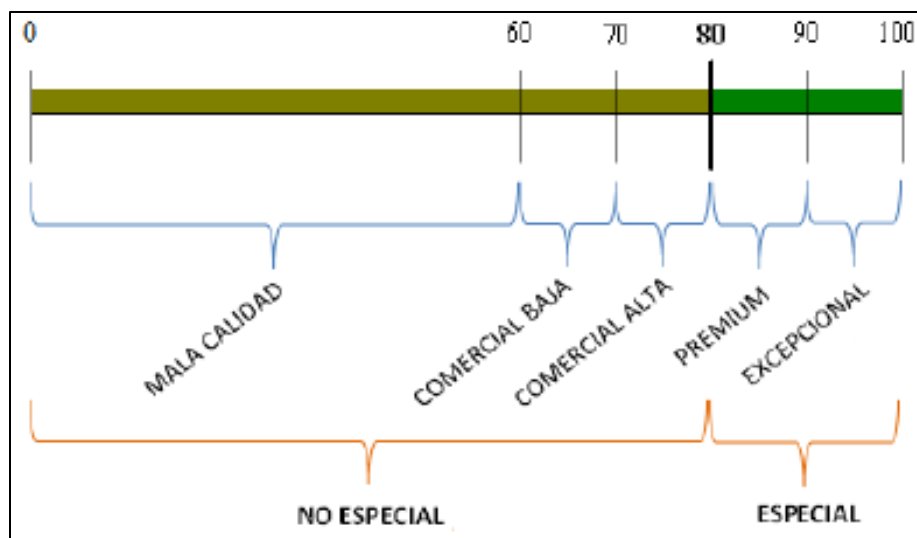
### 3.6.4. Valor Límite de los Descriptores Sensoriales

Se estableció el valor límite de la sumatoria de descriptores sensoriales utilizando la escala de categorías establecida por la SCA, además se contó con el criterio de los panelistas especializados en base a la experiencia ya que la muestra tomada representaba un café comercial alta por ello el valor final sería mínimo 73.

La figura 6 representa la escala de calidad del café tostado por puntaje en base al SCA.

### Figura 6

*Escala de calidad del café tostado*



*Nota.* Adaptado “Estimación del tiempo de vida útil del café tostado tipo premium (*Coffea arabica*) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas” por SCA, 2009 citado en Pacheco, 2016.

### 3.6.5. Procedimiento para Análisis de Acrilamidas

El análisis de las acrilamidas en el café tostado molido almacenado por 6 meses se realizó cada fin de mes en el laboratorio del Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos (IBTBI) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), para el análisis se realizó mediante el método adaptado de Bertuzzi et al., 2017, los cuales mencionan lo siguiente:

#### a. Preparación de la muestra

- Se pesó una muestra de 2 g de café tostado molido lo suficientemente homogéneo el cual se colocó en un tubo de ensayo de 50 ml.
- Posteriormente, se añadieron 5 ml de hexano, 10 ml de agua Milli-Q y 10 ml de acetonitrilo, agitando la mezcla durante 1 minuto.
- A continuación, se incorporaron 8 g de sulfato de magnesio anhidro y 0.5 g de cloruro de sodio,

manteniendo la agitación por 5 minutos.

- Una vez realizada la extracción, la muestra se centrifugó a 1520 g/min a 15 °C, recuperándose la fase de acetonitrilo en un tubo Falcon de 50 ml.
- El residuo sólido fue enjuagado con 8 ml de acetonitrilo y nuevamente centrifugado bajo las mismas condiciones, pero durante 15 segundos.
- Los sobrenadantes obtenidos se unieron y el volumen final se ajustó a 20 ml.

**b. Para la cuantificación de acrilamida en la muestra de café, el extracto obtenido fue analizado por LC-MS/MS.**

- Al extracto obtenido se añadió 500 µl de estándar interno d3-acrilamida al 1 µg/ml se tomó una alícuota de 1.5 ml y se transfirió a un tubo QuEChERS, se agito por 3 min y centrifugo a 1660 g por 10 minutos.
- De la fase superior se recuperaron 800 µL, los cuales fueron llevados a evaporación bajo corriente de N<sub>2</sub>.
- El residuo se reconstituyó en 200 µl de agua Milli-Q, se filtró con una membrana de 0.22 µm y se inyectó en el sistema cromatográfico UHPLC UltiMate 3000 (Thermo Scientific, Alemania) acoplado a un espectrómetro de masas TSQ Quantum Access Max (Thermo Scientific, San Jose, CA, USA).

**c. Condiciones cromatográficas y de detección**

- El análisis se llevó a cabo mediante inyección de 2 µl de muestra en una columna UPLC HSS T3 (1.8 µm × 100 mm × 2.1 mm, Waters, Irlanda). La fase móvil consistió en agua con 0.5 % de metanol y 0.05 % de ácido fórmico, con un flujo de 0.2 ml/min, manteniendo la temperatura de la muestra en 5 °C y de la columna en 30 °C. Para la detección, se realizó por espectrometría de masas triple cuádruplo TSQ Quantum Access Max (Thermo Scientific, USA).

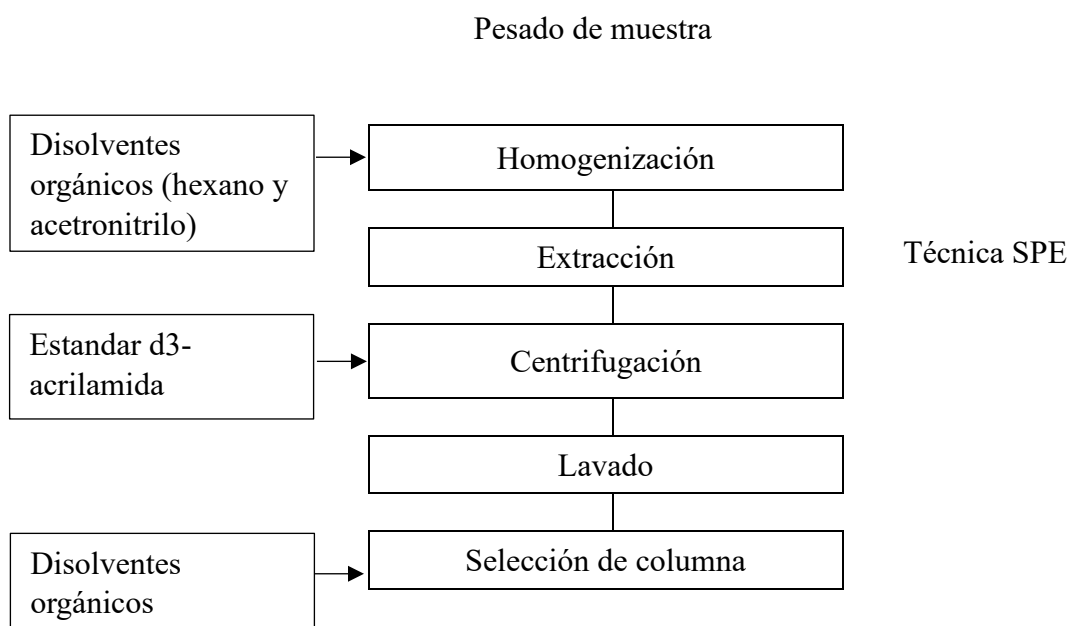
- La detección se efectuó con un espectrómetro de masas de triple cuadrupolo TSQ Quantum Access Max utilizando ionización por electrospray (ESI) en modo positivo y monitoreo de reacciones múltiples (SRM).
- La acrilamida se detectó en la transición  $m/z$   $72.15 > 53.3$  y el estándar interno d3-acrilamida en la transición  $m/z$   $75.15 > 58.3$ .
- Se elaboró una curva de calibración en el rango de 0.005–1  $\mu\text{g/ml}$ , empleando como estándar interno la d3-acrilamida a 0.1  $\mu\text{g/ml}$ . Se graficó la relación de áreas acrilamida/d3-acrilamida contra la concentración.

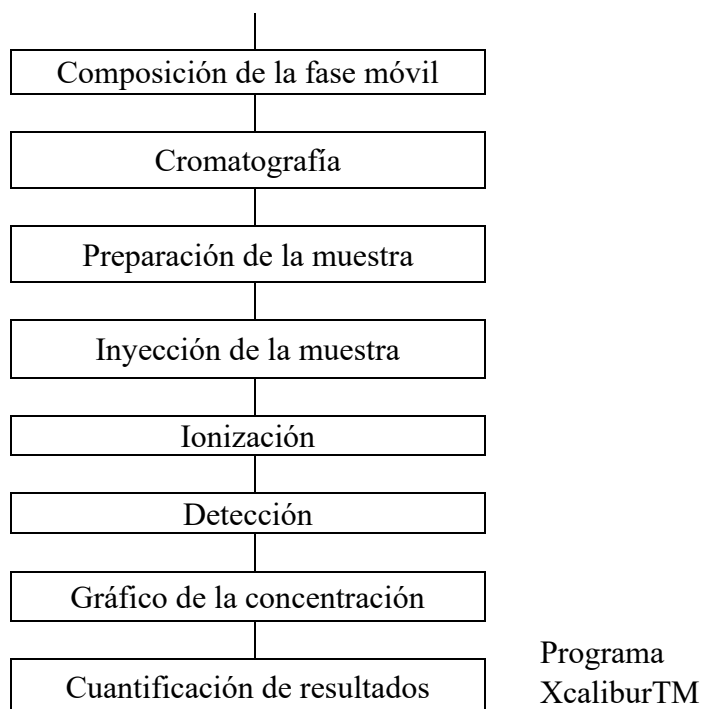
Finalmente, la relación entre las áreas de acrilamida y d3-acrilamida se graficó frente a las concentraciones, y los datos fueron procesados con el software Xcalibur™ versión 3.0.

La figura 7 Descripción de extracción de muestra

### Figura 7

*Diagrama de flujo para extracción de muestra por cromatografía líquida*





*Nota:* Adaptado de “Survey on acrylamide in roasted coffee and barley and in potato crisps sold in Italy by a LC-MS/MS method” por Bertuzzi et al., 2017.

### 3.6.6. *Análisis microbiológico determinación de Mohos*

Según las normas sanitarias del MINSA – DIGESA Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano RM N° 591 – 2008/MINSA.

Recuento de Mohos y Levadoras: Según ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 120 – 112 (ICMSF, 2000).

### 3.7. **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos se ordenaron y en primera instancia se sometieron a la prueba de normalidad para lo cual se utilizó el Minitab 18.

Los valores obtenidos en el análisis sensorial y los análisis de toxinas para acrilamidas fueron sometidos a un Análisis de Normalidad para determinar el tipo de comportamiento estadístico normal o no normal. El valor de *p-value* fue determinado utilizando el software Minitab 18 mediante la prueba Shapiro-Wilk.

Arcones y Wang (2006, citados en Pedrosa et al., 2014) mencionan que la prueba de Shapiro-Wilk representa una de las pruebas con mejor capacidad de resultados, esta prueba genera mejores resultados para pruebas cotidianas con distribuciones pequeñas, sobre todo cuando se tiene tamaños de muestras menores a 30.

Para la interpretación del *p-value* se comparó el valor de *p* con el nivel de significancia denotado por  $\alpha$  con valor de 0.05 (riesgo del 5 % de concluir que los datos no siguen una distribución normal) bajo la siguiente premisa:

**Donde:**

- **Valor  $p \leq \alpha$ :** Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza  $H_0$ )

Si el valor *p* es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal.

- **Valor  $p > \alpha$ :** Usted no puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No puede rechazar  $H_0$ ), los datos siguen una distribución normal.

Adicional se comparó con el grafico donde los datos deben estar lo más cerca de una línea recta para asegurar que los datos siguen una distribución normal.

Habiendo salido como resultado que los datos se comportan con tendencia normal, para



relacionar las variables acrilamida y características sensoriales del café arabica tostado tipo oscuro en envase trilaminado PET, PEDB, ALU durante un periodo de seis meses se utilizó el coeficiente de Correlación de Pearson usando el software estadístico “SPSS.26”.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Evaluación del contenido de acrilamida en café tostado tipo oscuro

Los resultados se detallan en la Tabla 5, de la evaluación del contenido de acrilamida expresado en  $\mu\text{g/Kg}$  del café tostado tipo oscuro almacenado por seis meses, los cuales reportan que el contenido de acrilamida en el primer mes de evaluación fue de un promedio de 204.5  $\mu\text{g/Kg}$  (se evalúa en base a tres repeticiones), en el cuarto mes de almacenamiento presenta un contenido de acrilamida de 171.65  $\mu\text{g/Kg}$  mostrando la primera caída significativa con una variación de 32.85  $\mu\text{g/Kg}$  respecto al inicio y en el último mes de evaluación fue de 109.7  $\mu\text{g/Kg}$ , observando una variación significativa de 94.8  $\mu\text{g/Kg}$  pasado los 180 días de almacenamiento.

El contenido de acrilamida en el café tostado tipo oscuro se detalla en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Contenido de acrilamida en café tostado oscuro*

<b>Muestra</b>	<b>Id</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Promedio de 3 repeticiones (<math>\mu\text{g/Kg}</math>)</b>
1	150724	30	204.5
2	160824	60	176.97
3	130924	90	171.65

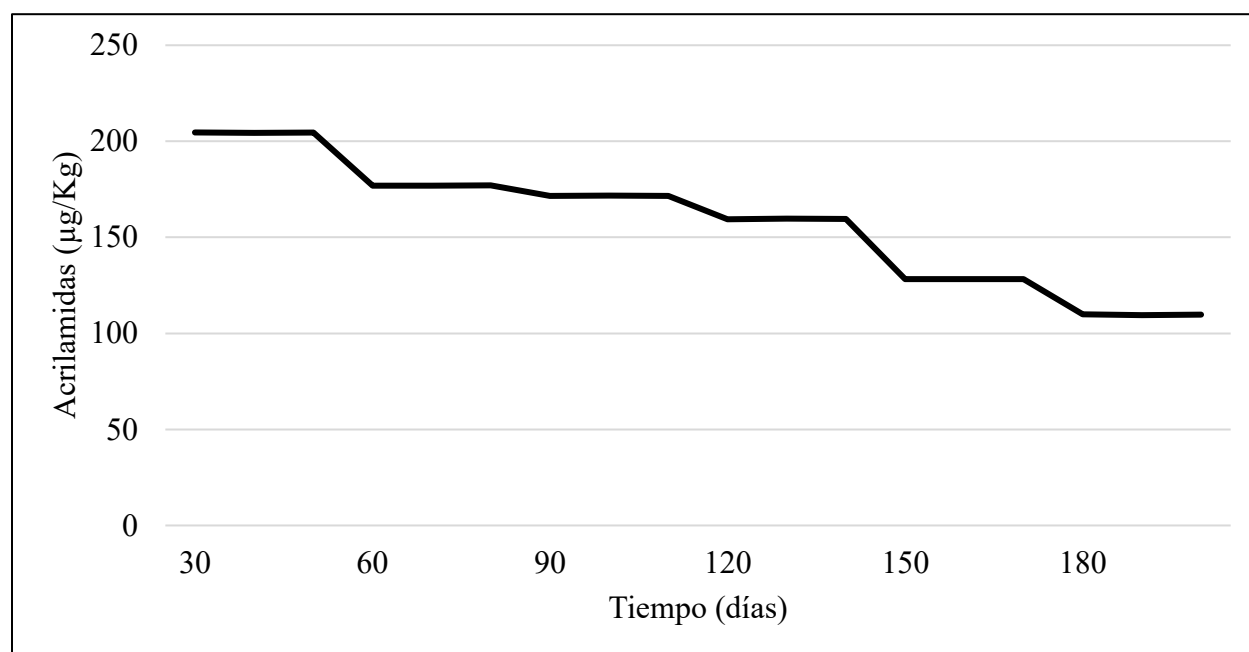
4	141024	120	159.6
5	121124	150	128.21
6	141224	180	109.7

Se muestra la figura 8, el contenido promedio de acrilamida disminuye conforme aumenta el tiempo de almacenamiento desarrollando una regresión lineal con ecuación

$$y = -0.6022x + 221.67 \text{ con valor de } R^2 = 0.9632.$$

### Figura 8

*Contenido de acrilamida en café tostado de acuerdo con el tiempo almacenado.*

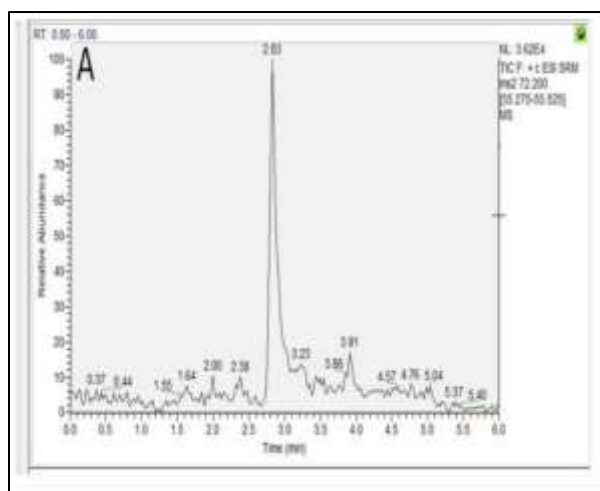


#### 4.2. Lectura de cromatografía líquida (LC) y el Espectro de masas (MS/MS)

Se muestra en la figura 9, el cromatograma de la muestra #1, relaciona el tiempo de retención de la acrilamida y la intensidad relativa de los compuestos detectados, señala picos menores a lo largo del tiempo como 2.00, 2.38, 3.23 y 3.91 minutos, sin embargo, el punto más alto aparece en 2.83 minutos mostrando el contenido de acrilamida de 204.5  $\mu\text{g/Kg}$ .

**Figura 9**

*Cromatografía de café tostado muestra 1*

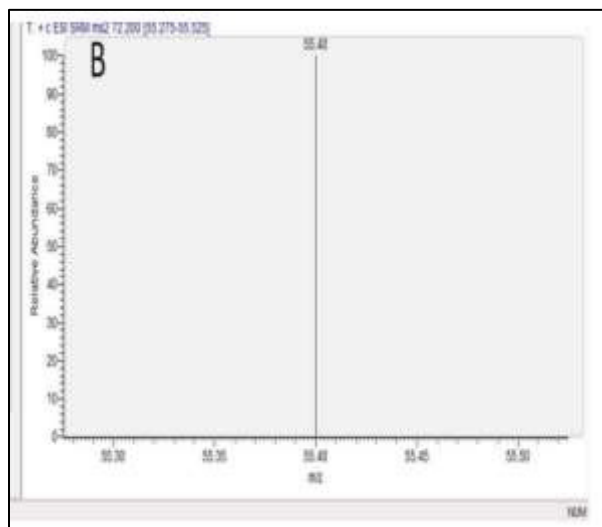


*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Además, en la figura 10, detalla la lectura de la muestra 1 del espectro de masas donde determino un único pico claro en 55.40 m/z confirmando el fragmento característico de la acrilamida en el pico del cromatograma.

## Figura 10

*Espectrometría de masas de café tostado muestra 1*

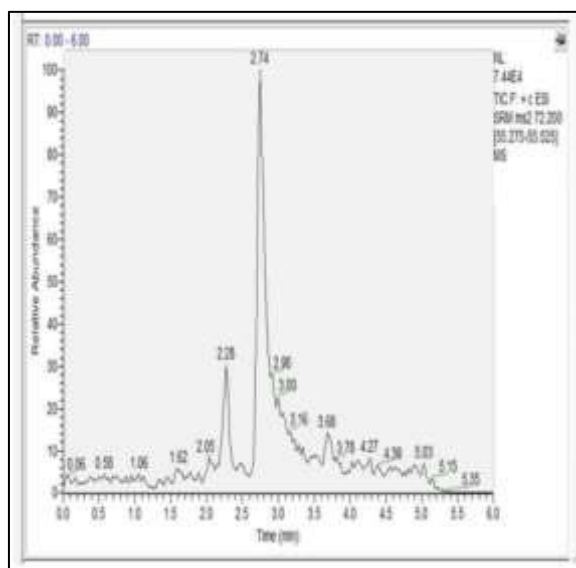


*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Se muestra en la figura 11, el cromatograma de la muestra #2, relaciona el tiempo de retención y la intensidad relativa de los compuestos detectados, señala picos menores a lo largo del tiempo como 2.28, 2.90 y 3.16 minutos, sin embargo, el punto más alto aparece en 2.74 minutos mostrando el contenido de acrilamida de 176.97  $\mu\text{g/Kg}$ .

**Figura 11**

*Cromatografía de café tostado muestra 2*

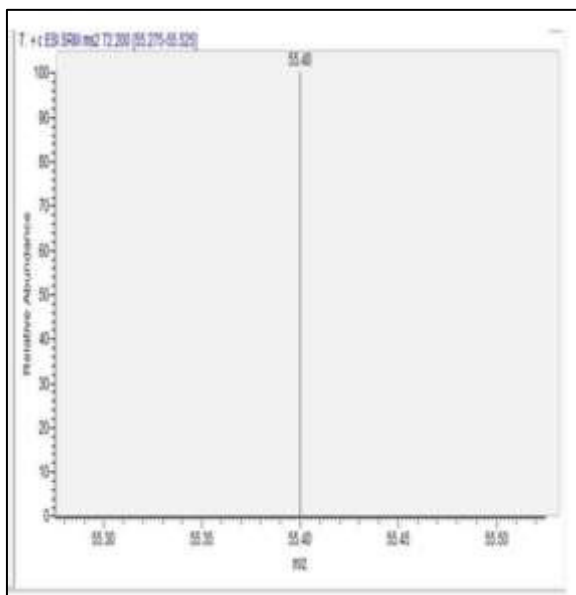


*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Además, en la figura 12, detalla la lectura de la muestra 2 del espectro de masas donde determino un único pico claro en 55.40 m/z confirmando el fragmento característico de la acrilamida en el pico del cromatograma.

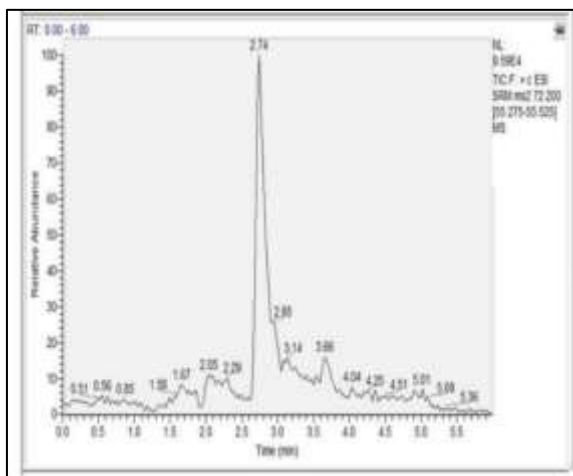
**Figura 12**

*Espectrometría de masas de café tostado muestra 2*



*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Se muestra en la figura 13, el cromatograma de la muestra #3, relaciona el tiempo de retención y la intensidad relativa de los compuestos detectados, señala picos menores a lo largo del tiempo como 2.95, 3.66 y 3.14 minutos, sin embargo, el punto más alto aparece en 2.74 minutos mostrando el contenido de acrilamida de 171.65  $\mu\text{g/Kg}$ .

**Figura 13***Cromatografía de café tostado muestra 3*

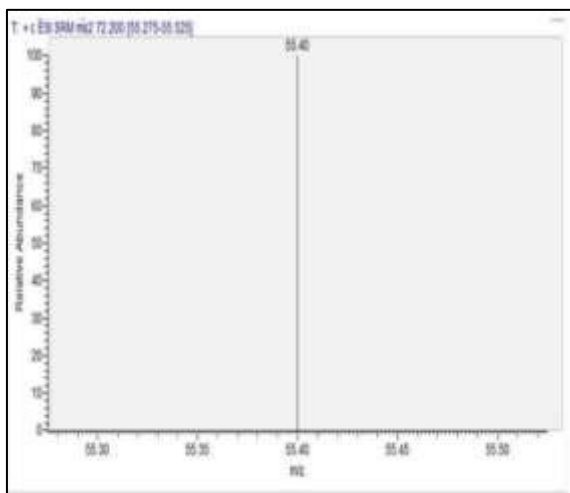
*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Además, en la figura 14, detalla la lectura de la muestra 3 del espectro de masas donde determino un único pico claro en 55.40 m/z confirmando el fragmento característico de la acrilamida en el pico del cromatograma.



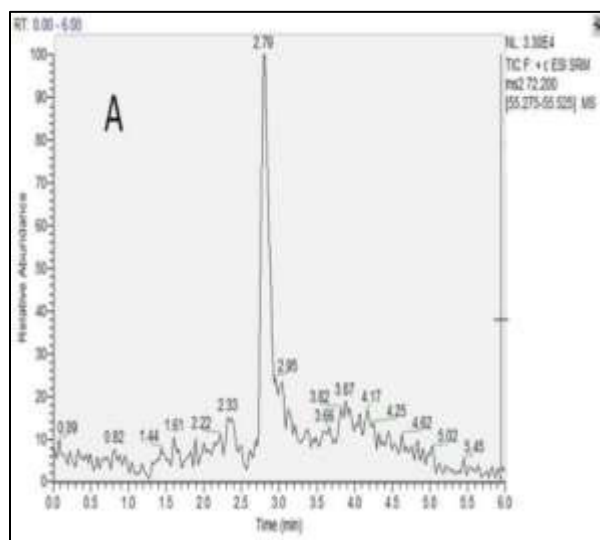
## Figura 14

*Espectrometría de masas de café tostado muestra 3*



*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Se muestra en la figura 15, el cromatograma de la muestra #4, relaciona el tiempo de retención y la intensidad relativa de los compuestos detectados, señala picos menores a lo largo del tiempo como 2.95, 3.87 y 4.17 minutos, sin embargo, el punto más alto aparece en 2.79 minutos mostrando el contenido de acrilamida de 159.6  $\mu\text{g/Kg}$ .

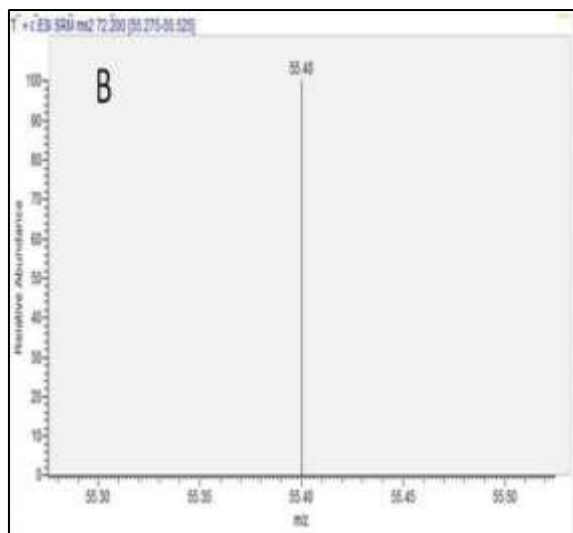
**Figura 15***Cromatografía de café tostado muestra 4*

*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Además, en la figura 16, detalla la lectura de la muestra 4 del espectro de masas donde determino un único pico claro en 55.40 m/z confirmando el fragmento característico de la acrilamida en el pico del cromatograma.

## Figura 16

*Espectrometría de masas de café tostado muestra 4*

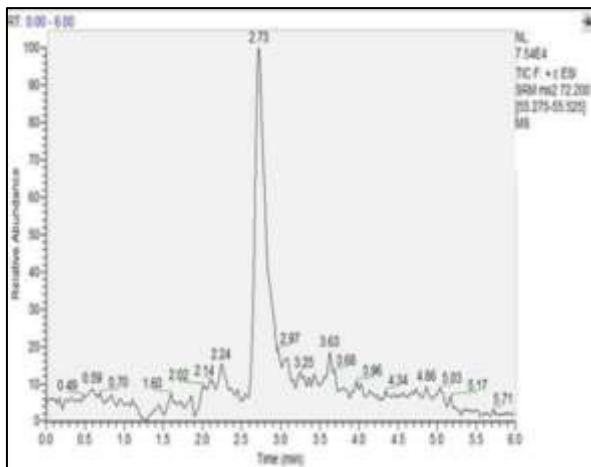


*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Se muestra en la figura 17, el cromatograma de la muestra #5, relaciona el tiempo de retención y la intensidad relativa de los compuestos detectados, señala picos menores a lo largo del tiempo como 2.97, 3.63 y 3.68 minutos, sin embargo, el punto más alto aparece en 2.73 minutos mostrando el contenido de acrilamida de 128.21  $\mu\text{g/Kg}$ .

**Figura 17**

*Cromatografía de café tostado muestra 5*

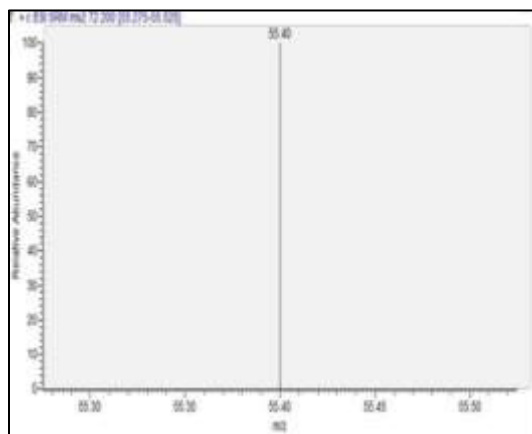


*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Además, en la figura 18, detalla la lectura de la muestra 5 del espectro de masas donde determino un único pico claro en 55.40 m/z confirmando el fragmento característico de la acrilamida en el pico del cromatograma.

**Figura 18**

Espectrometría de masas de café tostado muestra 5

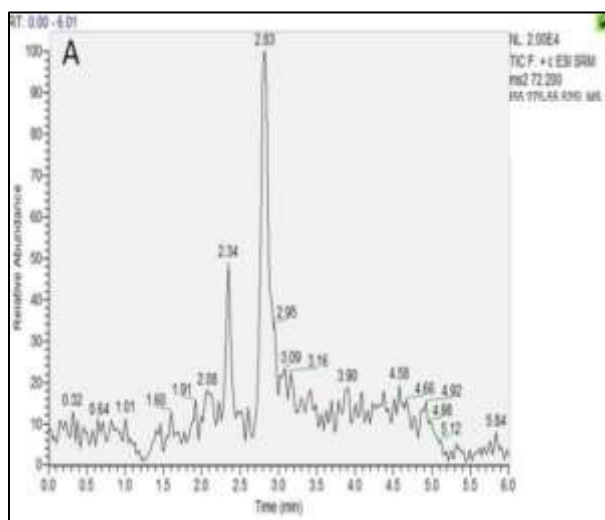


*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Se muestra en la figura 19, el cromatograma de la muestra #6, relaciona el tiempo de retención y la intensidad relativa de los compuestos detectados, señala picos menores a lo largo del tiempo como 2.34, 2.95 y 3.09 minutos, sin embargo, el punto más alto aparece en 2.83 minutos mostrando el contenido de acrilamida de 109.7  $\mu\text{g/Kg}$ .

**Figura 19**

*Cromatografía de café tostado muestra 6*

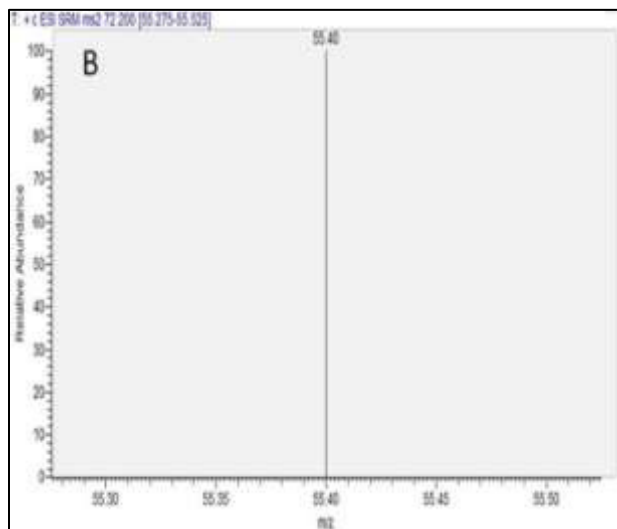


*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

Además, en la figura 20, detalla la lectura de la muestra 6 del espectro de masas donde determino un único pico claro en 55.40 m/z confirmando el fragmento característico de la acrilamida en el pico del cromatograma.

**Figura 20**

*Espectrometría de masas de masas de café tostado muestra 6*



*Nota.* Adaptado de Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, 2024.

### 4.3. Resultado del análisis sensorial café

#### 4.3.1. Variación de las características sensoriales: Puntaje Total en taza

En el anexo 3, se observa los resultados del análisis sensorial realizado a las muestras de café en 6 meses de almacenamiento, se evaluó usando el método SCA y su formato de calificación con puntaje del 6 al 10.

La variabilidad del puntaje total de la calidad en taza del análisis sensorial respecto al tiempo se detalla en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Variabilidad del puntaje total de la calidad en taza del análisis sensorial en el transcurso del tiempo de almacenamiento.*

# Panelista	Id	Tiempo (días)	Total
1	40624	0	76.5
	150724	30	76.2
	160824	60	75.85
	130924	90	74.95
	141024	120	74
	121124	150	73
	141224	180	70.8
2	40624	0	78.3
	150724	30	76.2
	160824	60	74.45
	130924	90	73.65
	141024	120	73.1
	121124	150	73
	141224	180	70.3
3	40624	0	77
	150724	30	76
	160824	60	74.75
	130924	90	73.65
	141024	120	73.3
	121124	150	72.8
	141224	180	71.05
4	40624	0	78.8
	150724	30	77.05
	160824	60	75.5
	130924	90	74.45
	141024	120	73
	121124	150	72.6
	141224	180	70.6

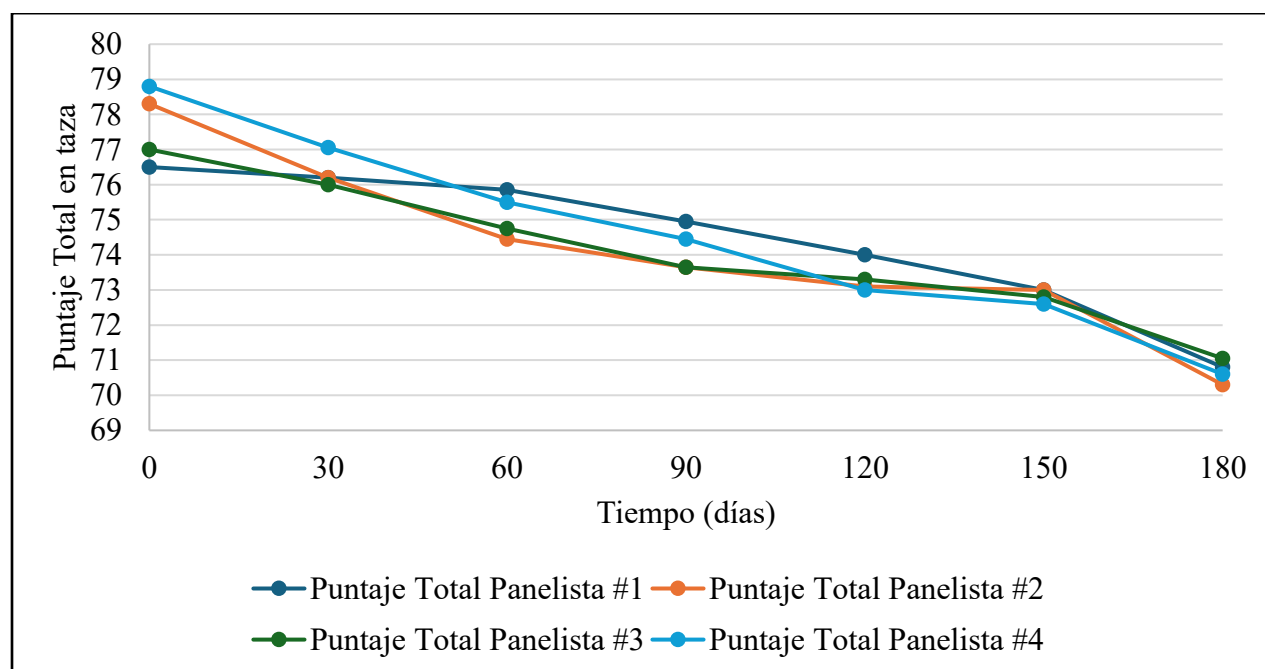
Según los datos de la Tabla 6, los rangos de puntaje total de cada muestra de café tostado presentan una disminución entre el tiempo 0 al 180 día de almacenamiento, para los panelistas el

café presenta un puntaje entre 76 y 78 en el día 0, en el día 60 presenta una disminución que varía entre 74 y 75 puntos siendo aun aceptable para el consumidor, en el día 120 presenta valores más estables respecto a aceptación sensorial, sin embargo el día 180 marca el límite de aceptabilidad sensorial del estudio ya que las muestras son un café tipo comercial de calidad alta donde el valor mínimo es 70 puntos.

En el anexo 5, se muestran los valores de  $R^2$  de los puntajes totales por panelista, sumatoria de los 10 atributos evaluados según la SCA, donde los valores tienen un rango de 0.91 a 0.98 próximos al valor de 1.

**Figura 21**

*Variación del puntaje total en taza respecto al tiempo de almacenamiento.*



En la figura 21, se observa la evolución del puntaje total en taza determinado por panelista especializado en base a la experiencia durante el periodo de 180 días. Se observa una tendencia



decreciente en los puntajes otorgados conforme aumento el tiempo de almacenamiento. La tendencia sugiere una pérdida progresiva de los atributos sensoriales sobre todo el aroma, sabor, cuerpo y acidez para los 4 panelistas dado a la consistencia en los resultados independientemente del evaluador.

#### ***4.3.2. Variación de la característica sensorial: Atributo Sabor***

En la tabla 7 nos muestra los resultados del análisis sensorial del atributo sabor, donde la tendencia de la percepción es descendente en relación con los días de almacenamiento. El puntaje promedio del sabor inicio con un valor de 8 puntos como promedio para los 4 panelistas, en el día 30 presenta una disminución de 0.3 puntos, en el día 60 y 90 muestran una disminución significativa para los panelistas #2, #3 y #4 con un promedio de puntaje entre 7.6 y 7.4 luego desciende progresivamente hasta un valor de 6.8 en el día 180, indicando una pérdida de la calidad sensorial del producto.

La variabilidad del puntaje del atributo “sabor” del análisis sensorial respecto al tiempo se detalla en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Variabilidad del puntaje del atributo: “Sabor” del análisis sensorial en el transcurso del tiempo*

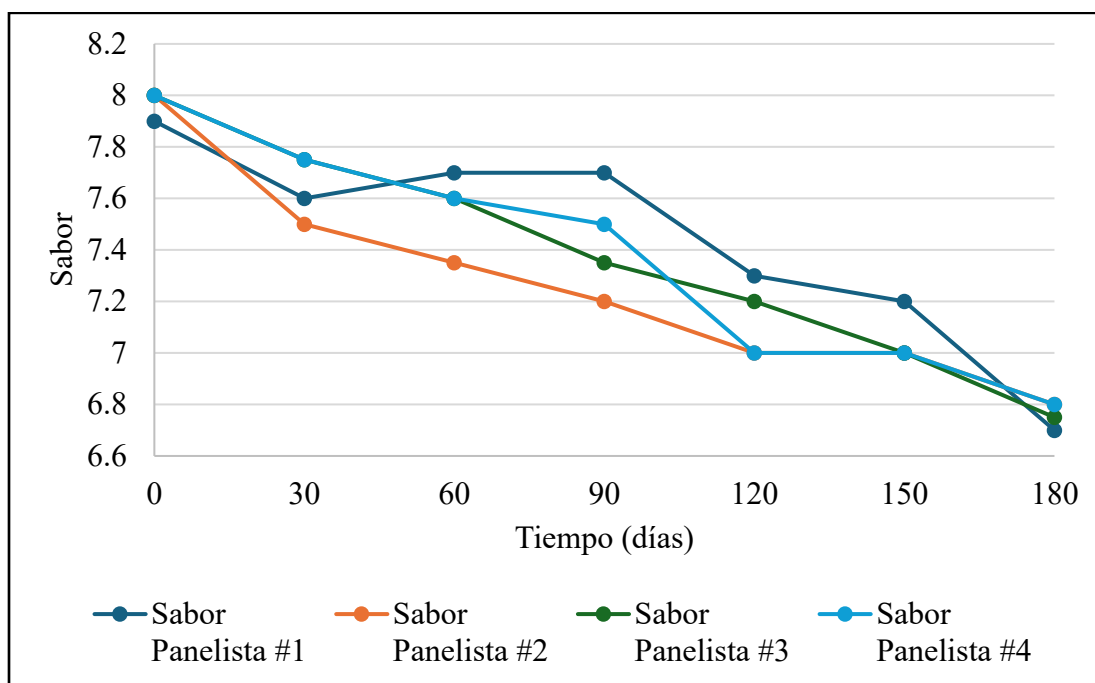
*de almacenamiento.*

<b>Tiempo (días)</b>	<b>Id</b>	<b>Atributo "Sabor"</b>				<b>Promedio</b>
		<b>Panelista #1</b>	<b>Panelista #2</b>	<b>Panelista #3</b>	<b>Panelista #4</b>	
0	40624	7.9	8	8	8	8.0
30	150724	7.6	7.5	7.75	7.75	7.7
60	160824	7.7	7.35	7.6	7.6	7.6
90	130924	7.7	7.2	7.35	7.5	7.4
120	141024	7.3	7	7.2	7	7.1
150	121124	7.2	7	7	7	7.1
180	141224	6.7	6.8	6.75	6.8	6.8

En la figura 22, detalla la disminución progresiva a lo largo del almacenamiento, donde el punto de quiebre para los 4 panelistas es del día 120 ya que disminuye en 0.5 puntos con respecto al día 60.

**Figura 22**

*Variación del puntaje del atributo “Sabor” en taza respecto al tiempo de almacenamiento.*



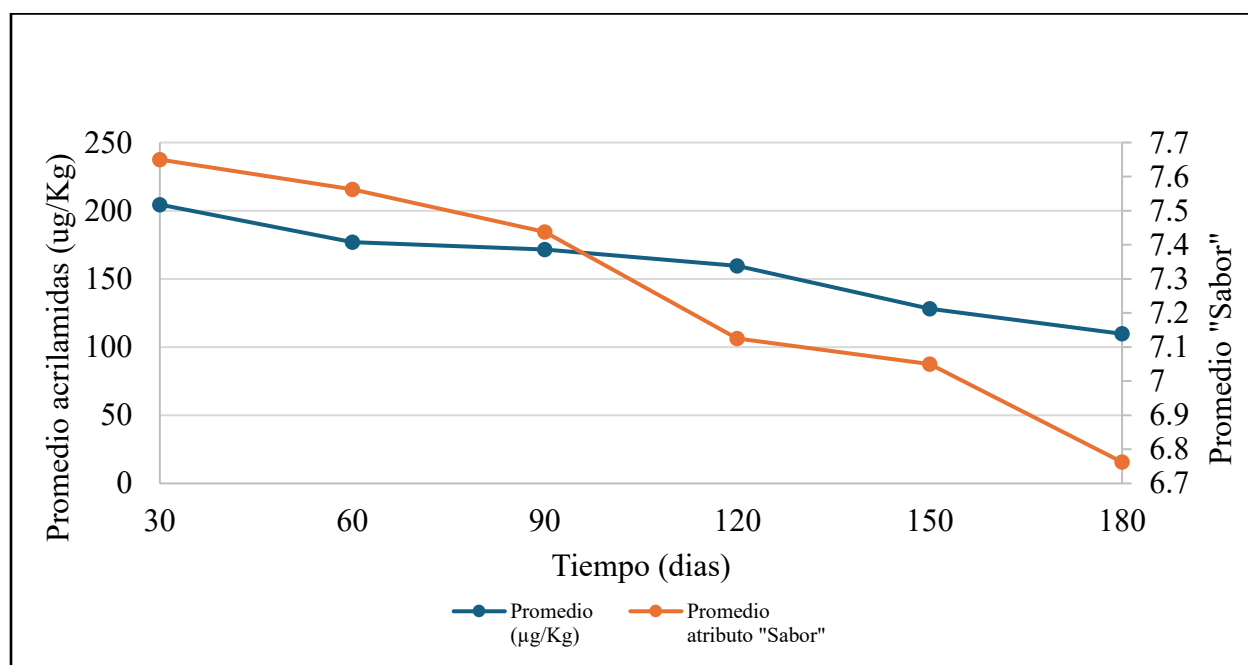
#### 4.4. Relación de la acrilamida y el atributo sabor sobre el tiempo almacenado

En la comparación entre la cuantificación promedio de la acrilamida ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y el puntaje promedio obtenido en el análisis sensorial para el atributo “sabor” de las muestras de café tostado almacenado por 180 días, se observa una tendencia decreciente de ambos parámetros a lo largo del tiempo. En la figura 23, la concentración inicial de acrilamidas a los 30 días fue de  $204.5 \mu\text{g/Kg}$ , mientras que el puntaje del atributo sabor fue de 7.7, a medida que el tiempo aumento, se evidencia una disminución progresiva de ambas variables. Al día 90, según la figura 23, que los valores de acrilamida y puntaje del atributo sabor son cercanos. Al día 120, el sabor presenta una caída significativa con 7.12 puntos al igual que la acrilamida disminuye a  $159.6 \mu\text{g/Kg}$ . Al día 180, la cantidad de acrilamidas disminuyo en  $94.8 \mu\text{g/Kg}$  lo que representa una reducción de 46.36 % respecto al valor inicial. Por su parte, el puntaje del atributo “sabor” disminuyo en 1.2, con una

caída del 15 % respecto al inicio. Entre los días 90 y 120, se observa una caída más marcada en el puntaje sensorial, coincidiendo con una reducción significativa en el nivel de acrilamida.

**Figura 23**

*Relación del promedio de cantidad de acrilamidas y el promedio del puntaje del atributo “sabor”*

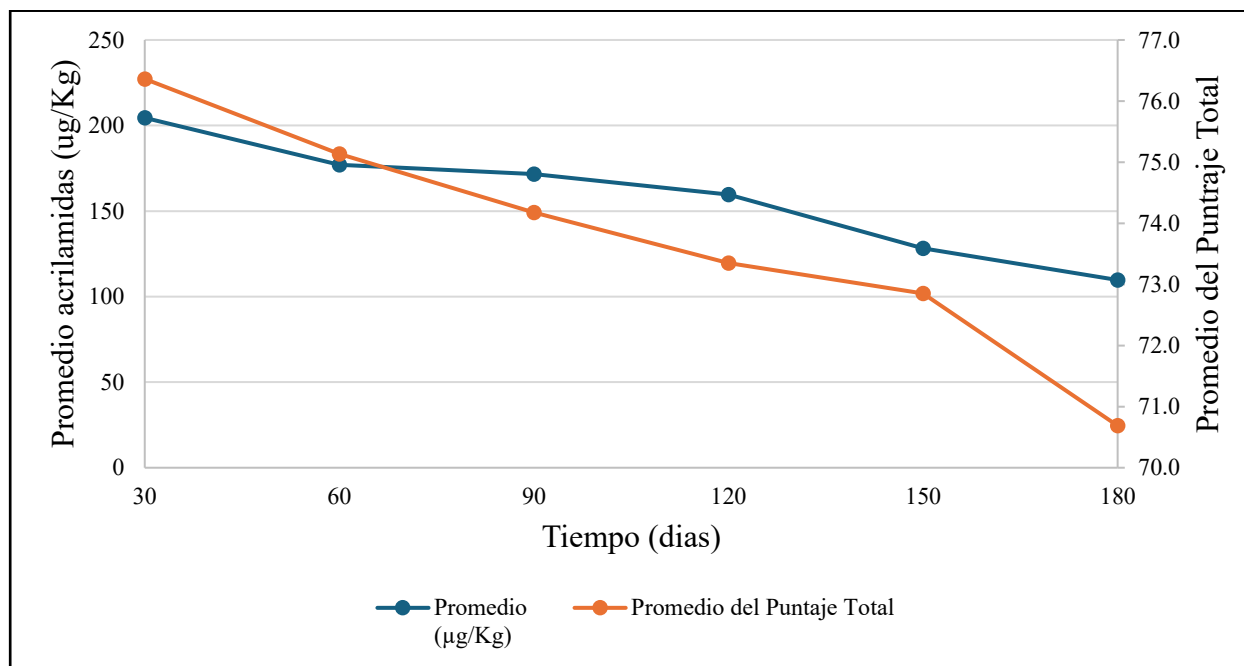


#### 4.5. Relación de la acrilamida y el puntaje total del análisis sensorial sobre el tiempo almacenado

En la figura 24, se detalla el promedio de acrilamidas (µg/Kg) y del puntaje total del análisis sensorial en el café tostado almacenado por 180 días. Al igual que el atributo sabor, principal descriptor de este análisis sensorial, el puntaje total muestra una tendencia decreciente de ambas variables. En este caso, el puntaje total sensorial muestra una caída más acentuada de aproximadamente 2 puntos luego del día 120 y 150 del análisis.

**Figura 24**

*Relación del promedio de cantidad de acrilamidas y el promedio del puntaje total del análisis sensorial*



#### 4.6. Resultado del análisis microbiológico luego del último mes de almacenamiento

El resultado del análisis microbiológico se muestra en la Tabla 8 fue realizado en el último mes de almacenamiento, por ser el tiempo más amplio de almacenamiento. Este análisis se realizó para validar la seguridad alimentaria de acuerdo con los requisitos de la RM 591 – 2008 MINSA.

El resultado de análisis microbiológico se detalla en la Tabla 8.

**Tabla 8***Resultado de Recuento Microbiológico en café tostado*

<b>Id</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Recuento de Mohos (UFC/g)</b>
141224	180	< 10 estimado

#### 4.7. Prueba de normalidad de valores obtenidos

Para determinar el comportamiento de los resultados obtenidos en el análisis sensorial por los panelistas, se tomó como base para realizar una prueba de normalidad a los datos del sabor y el puntaje total ya que ambos datos son los principales para el comportamiento sensorial del café.

Los valores de la prueba de normalidad dados por Minitab 18 para el atributo “Sabor” están detallados en la Tabla 9.

**Tabla 9***Valores de prueba de normalidad: Sabor*

Descripción	Tiempo						
	Día 0	Día 30	Día 60	Día 90	Día 120	Día 150	Día 180
Media	7.98	7.65	7.56	7.44	7.13	7.05	6.763
Desv.Est.	0.05	0.1225	0.1493	0.2146	0.15	0.1	0.047
N	4	4	4	4	4	4	4
RJ	1.00	0.999	0.957	0.998	0.994	1.000	0.999
Valor p	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100

Los valores de la prueba de normalidad dados por Minitab 18 para el Puntaje total esta detallado en la Tabla 10.

**Tabla 10***Valores de prueba de normalidad: Puntaje total*

Descripción	Tiempo						
	Día 0	Día 30	Día 60	Día 90	Día 120	Día 150	Día 180
Media	77.65	76.36	75.14	74.18	73.35	72.85	70.69
Desv.Est.	1.079	0.4679	0.6506	0.6397	0.4509	0.1915	0.3172
N	4	4	4	4	4	4	4
RJ	0.972	0.916	0.976	0.998	0.920	0.999	0.999
Valor p	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100

Según los resultados de la prueba de normalidad para la variable “sabor” detallados en las tablas 9 y 10, se muestra un valor  $p > 0.100$ , indicando que no se rechaza la hipótesis nula, además en los anexos 5 y 6 se observa los gráficos de probabilidad normal donde los datos siguen visualmente una línea recta. Por lo tanto, los datos siguen una distribución normal.

#### **4.8. Correlación entre el contenido de acrilamida y las características sensoriales**

Para evaluar la relación entre las variables en estudio se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: El contenido de acrilamida no se relaciona con la característica sensorial del sabor



Ha: El contenido de acrilamida se relaciona con la característica sensorial del sabor

Nivel de significancia: 0,05

Según la figura 25, la correlación de Pearson realizado en el software SPSS entre el contenido promedio de acrilamida ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y el puntaje del atributo “sabor” muestra una correlación positiva alta con  $r = 0.892$  y un  $p\text{-valor} < 0.001$ . La tendencia de la relación de las variables indica que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, disminuye la cantidad de acrilamida en el café y a la vez disminuye la calidad percibida del atributo “sabor”.

La prueba mostro que el  $p\text{-valor} < 0.001$  es menor a 0,05, lo que indica que la prueba es estadísticamente significativa por lo tanto se acepta  $H_a$  y se establece que el contenido de acrilamida está relacionado con la característica sensorial del sabor.

**Figura 25**

*Correlación entre el promedio de contenido de acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y el puntaje del atributo "sabor"*

<b>Correlaciones</b>			
		Atributo "Sabor"	Promedio acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ )
Atributo "Sabor"	Correlación de Pearson	1	.892**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	24	24
Promedio acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ )	Correlación de Pearson	.892**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	24	24

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Adicional, se realizó la correlación entre la acrilamida ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y el puntaje total del análisis sensorial, de acuerdo con la figura 26, el valor de Pearson es 0,944, indica una correlación fuerte ( $r = 0.944$ ) con un p-valor  $< 0.001$ , ya que a medida que disminuye la acrilamida también lo hace el puntaje sensorial. La prueba de significancia bilateral mostro un valor de  $p < 0.001$  inferior a 0,05 lo que indica que la correlación es estadísticamente significativa.

**Figura 26**

*Correlación entre el promedio de contenido de acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y el puntaje total del análisis sensorial*

<b>Correlaciones</b>			
		Promedio acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ )	Puntaje Total del Analisis sensorial
Promedio acrilamidas ( $\mu\text{g/Kg}$ )	Correlación de Pearson	1	.944**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	24	24
Puntaje Total del Analisis sensorial	Correlación de Pearson	.944**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	24	24

\*\*. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El contenido de acrilamida en el café tostado tipo oscuro se ve influenciado por el tiempo y las condiciones de almacenamiento, en la presente investigación se obtuvo una disminución de 46.35 % del contenido de acrilamidas en 6 meses de almacenamiento, resultado similar a lo mencionado por Li et al., (2023), quienes mencionan que el contenido de acrilamida puede disminuir entre 40 a 65 % almacenado a temperatura ambiente durante 6 meses. Asimismo, las lecturas de contenido de acrilamida en el café, muestra un pico de 204.5  $\mu\text{g/Kg}$  y el valor más bajo fue de 109.7  $\mu\text{g/Kg}$ , siendo valores por debajo a los valores permitidos por el Reglamento (EU) 2017/2158 de la Unión Europea con un nivel máximo de 400  $\mu\text{g/Kg}$ .

El rango de concentración de acrilamida determinada en el presente trabajo de investigación sobre la mitigación de la acrilamida mediante el almacenamiento mostro valores entre 109.7 – 204.5  $\mu\text{g/Kg}$ , valores similares a los presentados por Barrios, (2021), quien uso diferentes inoculaciones para reducir la concentración de acrilamida en un café tostado a partir de 150°C hasta un grado de café oscuro, mostrando valores entre 43.55 – 207.14  $\mu\text{g/Kg}$ .

Respecto a los atributos sensoriales, en esta investigación el atributo sabor y el puntaje total del análisis sensorial fueron las características de referencia para evaluar el comportamiento sensorial del café en 6 meses de almacenamiento, en el promedio del puntaje del atributo sabor el día 120 representa la mayor disminución de 0.5 respecto al día 60, difiriendo con Pacheco, 2016, quien menciona que, en un café de especialidad almacenado por 80 días el atributo más influyente resulto ser el aroma ya que mostro una degradación en mayor proporción con una pendiente entre 4 a 5 veces mayor que los demás atributos evaluados.

Asimismo, respecto al puntaje total del análisis sensorial determinado en el presente trabajo, al inicio de la evaluación el café tostado tipo oscuro obtuvo un puntaje promedio de 76.4

el cual disminuyo durante el tiempo de almacenamiento a 70.7 donde el porcentaje representa 7.4 %. Estos resultados difieren con lo reportado por Concha y Quijano, (2020), quienes detallan que el café catimor almacenado por 4 meses inicio con un puntaje de 82. 58 pero durante el tiempo de almacenamiento disminuyo a 79.67 lo que representa un 3.5 %.

Respecto a la relación entre la cantidad de acrilamida y el análisis sensorial, tomando como referencia el atributo sabor, a través del tiempo de almacenamiento, los resultados del presente trabajo detallan que existen diferencias altamente significativas a la tendencia de disminución de ambos valores a través del tiempo ( $p < 0.001$ ) donde a partir del día 120 se intensifica el deterioro del sabor al igual que la cantidad de acrilamidas siendo este el tiempo máximo de almacenamiento para evitar alterar las características positivas, no se encontró trabajos experimentales pero de manera teórica Strocchi et al., (2022), mencionan que existen estudios que han demostrado que la acrilamida no es estable en el almacenamiento y este depende del tiempo, temperatura y la atmosfera del empaque pero las características sensoriales se ven afectadas.

## VI. CONCLUSIONES

6.1. El comportamiento de los niveles de las características sensoriales del café tostado tipo oscuro durante un periodo de almacenamiento de 180 días evidencio una tendencia decreciente progresiva en la calidad sensorial, reflejada en la reducción en la puntuación en taza para los atributos evaluados otorgados por los panelistas. Esta tendencia fue consistente entre los panelistas, lo que indica que el deterioro sensorial es un fenómeno reproducible, donde en el presente trabajo se vio reflejado en el atributo “sabor” ya que tuvo una reducción significativa, el día 0 el puntaje promedio para los panelistas fue de 8 puntos representando una calidad en taza excelente según el SCA, en el día 60 el puntaje promedio para los panelistas fue 7.6 representando un puntaje de taza muy bueno, sin embargo en el día 120 presento un puntaje promedio de 7.1 siendo el límite entre la escala muy bueno y bueno, lo cual para fines de límite de aceptabilidad de un café de calidad comercial alta los panelistas establecieron el límite al puntaje 7.1 según la escala SCA y el puntaje total de 73 para minimizar la perdida de atributos organolépticos durante la conservación.

6.2. El análisis por cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tandem (LC-MS/MS) confirmo la presencia de acrilamida en las muestras de café tostado. En los cromogramas se observó picos intensos en diferentes tiempos 2.73 a 2.83 minutos de tiempo de retención, estas diferencias de intensidades indican la variación en la concentración a través del tiempo entre los días 60 y 180. Adicionalmente, la detección del ion fragmento en  $m/z$  55.40 en los espectros de masas confirmo la presencia del analito acrilamida de forma específica.

6.3. Los resultados del contenido de la acrilamida en el café tostado confirman una

disminución progresiva, partiendo de valores cercanos a 205  $\mu\text{g/Kg}$  a los 30 días hasta alcanzar niveles de 109  $\mu\text{g/Kg}$  al día 180, representando una disminución entre el 45% confirmando que las acrilamidas continúan degradándose tras el proceso de tostado conforme aumenta el tiempo de almacenamiento.

6.4. El análisis microbiológico mostro resultados acorde a las exigencias de la RM 591 – 2008 MINSA para mohos siendo un producto apto para el consumo humano cuando es almacenado por 180 días.

6.5. La correlación entre el contenido de acrilamida y las características sensoriales determinado por el atributo “sabor”, mostraron que existe una correlación positiva alta ( $r = 0.892$  y  $p < 0.001$ ) para una relación directamente proporcional a la disminución de ambos factores, adicional los resultados de este estudio respaldan la eficacia del almacenamiento para la mitigación del contenido de acrilamida determinando al día 120 (4 meses) de almacenamiento el punto máximo para almacenar el café tostado tipo oscuro donde también es el máximo nivel de aceptación de las características sensoriales según lo determinado por el puntaje del atributo sabor, además la cuantificación de acrilamidas está por debajo de lo permitido en normas internaciones (UE 2017/2158), por lo que en 4 meses de almacenamiento se mantiene la seguridad alimentaria como la calidad organoléptica del café.

## **VII. RECOMENDACIONES**

7.1. Analizar la relación de la acrilamida y otros subproductos de la reacción de Maillard que contribuyen al perfil sensorial, para identificar subproductos químicos que permitan predecir la pérdida de la calidad sensorial durante el almacenamiento.

7.2. Realizar un estudio de las acrilamidas y el análisis sensorial dirigido a cafés de especialidad más consumidos en el mercado peruano.

7.3. Realizar una evaluación respecto a reducir la degradación sensorial que incluyan tecnologías como tipo de envases o atmósferas modificadas mientras se minimiza el contenido de acrilamidas.

7.4. Plantear criterios de control de calidad en la normativa peruana que incluyan límites recomendados de acrilamida en café tostado según el tipo de tueste.



## VIII. REFERENCIAS

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición [AESAN]. (21 de diciembre de 2020).

*Acrilamida.*

[https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/subdetalle/acrilamida.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/acrilamida.htm)

Alefe, M., Demelash, B., Tadesse, Z., Woldemichael, H. y Admase, M. (2024). Traditional food processing and Acrylamide formation: A review. *Heliyon*, 10(9).

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30258>

Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria [EFSA]. 2015. *Scientific Opinion On acrylamide in food*. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>

Barrios, Y. (2021). *Diseño Integrado de Tecnología para la mitigación de compuestos neoformados en el procesamiento de café tostado*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio UC.

<https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/62791>

Batista, LR., Chalfoun de Souza, SM., Silva y Batista, CF. y Schwan, RF. (2016). Coffe: Types and production. *Encyclopedia of Food and Health*. 244-251. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00184-7>

Bertuzzi, T., Rastelli, S., Mulazzi, A. y Pietri, A. (2017). Survey on acrylamide in roasted coffee and barley and in potato crisps sold in Italy by a LC-MS/MS method. *Food Additives & Contaminants*. Part B: 1-14. DOI: 10.1080/19393210.2017.1351498

Caballero, L., Maldonado, L. y Ortega, J. (2014). Evaluación del rendimiento de la extracción de café tostado molido comercial. *@LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA*

ALIMENTARIA, 12(1) 40 – 47.

<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1589/1688>

Cámara del Café y Cacao. (2021). Empaques de café: tendencias de mercado.

<https://camcafeperu.com.pe/ES/articulo.php?id=74>

Cámara, M., Conchello P., Gonzáles, E., Rdríguez, D., Ros, G. y Talens, P. (2017). Informe 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. *Revista del Comité Científico de la Aesa*, (26)29–55.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6230056>

Campo, D. y Gaviria, C. (2019). Optimización de las condiciones de tiempo y temperatura en el proceso de tostado de café del cauca, teniendo en cuenta la percepción del consumidor. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería EIEI ACOFI*.

<https://doi.org/10.26507/ponencia.264>

Carpenter, R. (2002). Análisis Sensorial en el Desarrollo y Control de Calidad de Alimentos. *Acribia*, (38-47).

Castillo, M., Muñoz, M. y Engler, F. (2016). Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café. Ministerio de Industrias y Productividad de Ecuador.

Castro, C. (2021). *Diseño de una propuesta de empaques para las unidades productivas del café, de las asociaciones agrícolas del municipio de Labranzagrande Boyaca*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional UPTC. <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/48fb2e53-435b-4e53-b6e2-6698ae0d0da7/content>

- Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales [CIEN]. (2023). *Reporte de Tendencias Café. Asociación de Exportadores (ADEX)*. [https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2023/05/Reporte\\_RT\\_Mayo\\_2023\\_RevGA.pdf](https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2023/05/Reporte_RT_Mayo_2023_RevGA.pdf)
- Codex Alimentarius, (2009). *Código de prácticas para reducir el contenido de acrilamida en los alimentos CXC 67-2009*. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B67-2009%252FCXC\\_067s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B67-2009%252FCXC_067s.pdf)
- Comisión Europea (2017). Reglamento (UE) 2017/2158 de la Comisión por el que se establecen medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la acrilamida en los alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Concha, K. y Quijano, E. (2020). Determinación del índice de taza de café pergamino en condiciones de almacenamiento en la zona de Calabazo – San Ignacio. [Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio UNJ. Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú.  
[https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/65/1/Concha\\_FKJ\\_Quijano\\_CEM.pdf](https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/65/1/Concha_FKJ_Quijano_CEM.pdf)
- Correa, C., Das, E., Dos Anjos, M., Pacheco, S., Freitas-Silva, O., Luna, A. y Gottschalk, L. (2021). se of asparaginase for acrylamide mitigation in coffee and its influence on the content of caffeine, chlorogenic acid, and caffeic acid. *Food Chem* 338. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128045>
- Delatour, T., P'erisset, A., Goldmann, T., Riediker, S., y Stadler, RH. (2004). Preparación mejorada de muestras para determinar acrilamida en matrices difíciles como chocolate en polvo,

- cacao y café mediante cromatografía líquida y espectroscopia de masas en tándem. *Revista de química agrícola y alimentaria*, 52(15), 4625–4631. <https://doi.org/10.1021/jf0498362>
- Estrada, T. y Dioses, R. (2022). Revisión: Acrilamidas en Alimentos. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Frontera]. Repositorio Institucional UNFS. <http://repositorio.unf.edu.pe/handle/UNF/140>
- Flórez, C., Ibarra, L., Gómez, F., Carmona, Y., Castaño, Á., y Ortiz, A. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. En *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura 1*, pp. 123–168). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/cenbook-0026\\_08](https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_08)
- Folmer, B. (2017). *The craft and science of coffee*. Academic Press. [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=HURkCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=E251qpMYgJ&sig=bHsO6cWjVf\\_1A1dL5gl1fZ6ixjk](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=HURkCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=E251qpMYgJ&sig=bHsO6cWjVf_1A1dL5gl1fZ6ixjk)
- Food and Drug Administration [FDA]. (2016). *Guidance for Industry Acrylamide in Foods*. [https://www.fda.gov/media/87150/download#:~:text=Acrylamide%20formation%20usual ly%20occurs%20at,or%20higher%20moisture%20conditions%20\(Refs.](https://www.fda.gov/media/87150/download#:~:text=Acrylamide%20formation%20usual ly%20occurs%20at,or%20higher%20moisture%20conditions%20(Refs.)
- García-López, A. y Alfaro-Macedo, M. (2007). Acrilamida en alimentos para consumo humano. *Rev Sanid Milit Mex*, 61(6), 384-388. <https://revistasanidadmilitar.org/index.php/rsm/article/download/2290/1350/8325>
- Gómez, G. (2010). Cultivo y beneficio del café. *Revista de Geografía Agrícola*, (45), 103-193. <https://www.redalyc.org/pdf/757/75726134008.pdf>

- Guenther, H., Anklaam, E., Wenzl, T. y Stadler, R. (2007). Acrylamide in coffee: Review of progress in analysis, formation and level reduction. *Food Additives & Contaminants*, 24 60-70. <https://doi.org/10.1080/02652030701243119>
- Guevara-Barreto, R. y Castaño-Castrillón, J. (2005). Caracterización granulométrica del café colombiano tostado y molido. *Revista Cenicafé*, (56)5-18. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/122/1/arc056%2801%29005-018.pdf>
- Gutiérrez, N. y Barrera, O. (2015). Selección y entrenamiento de un panel en análisis sensorial de café *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas* 32(2). <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.153202.15>
- Guzman, A. (2020). *Algoritmo optimizador para la minimización de acrilamida en función a factores intervinientes en el proceso productivo de hojuelas de papa*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNAS. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11550>
- Hoenicke, K y Gattermann, R. (2005). Studies on the Stability of Acrylamide in Food During Storage. *Journal of Aoac International*, 88(1), 268 – 273. [https://www.eurofins.at/media/960791/aoac\\_stability.pdf](https://www.eurofins.at/media/960791/aoac_stability.pdf)
- Huaraca, P. (2023). *Mitigación de la formación de acrilamida e hidroximetilfurfural en hojuelas de papas mediante adición de antioxidantes de tara (Caesalpinia spinosa)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5779>
- Instituto de Biotecnología Industrial y Bioprocesos, (2024). *Resultado de Análisis. Contenido de Acrilamida*.

Instituto Nacional de la Calidad [INACAL], (2021). *NTP 209.028:2015 Café tostado en grano o molido. Requisitos*. Perú.

Instituto Nacional de la Calidad [INACAL], (2022). *NTP-ISO 18862:2022 Café y productos del café. Determinación de acrilamida*. Perú.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods [ICMSF] (2000). Vol I.

Parte II. Ed. II.

Kreuml, M., Majchrak, D., Ploederl, B. y Koenig, J. (2013). Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Food Sci Nutri*. 1(4): 267 – 271. [10.1002/fsn3.35](https://doi.org/10.1002/fsn3.35)

León, J. (24 de agosto de 2022). Consumo per cápita de café en Perú alcanza los 1.4 kilos y la meta al 2030 es llegar a los 2 kilos por persona al año. *Agraria.pe Agencia Agraria de Noticias*. <https://agraria.pe/noticias/consumo-per-capita-de-cafe-en-peru-alcanza-los-1-4-kilos-y-l-29053>

Li, Z., Zhao, C. y Cao, C. (2023). Production and Inhibition of Acrylamide during Coffee Processing: A Literature Review. *Quality Control in Food Processing*. 28(8) 3476. <https://doi.org/10.3390/molecules28083476>

Mesías M. y Morales F. (2017). *Contenido de acrilamida en bebidas de café. Influencia del método de preparación*. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN – CSIC). <http://hdl.handle.net/10261/172268>

Moreno, I., Rubio, C., Gutiérrez, A., Cameán, A., y Hardisson de la Torre, A. (2007). La acrilamida, contaminante químico de procesado:Revisión. *Revista de Toxicología*, 24(1), 1-9. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91924101>

Navarro, IM., Armendáriz, C., Fernandez, AJ., Fenandez, AM. y Hardisson de la Torre, A. (2007)

La acrilamida, contaminante químico de procesado: Revisión. *Rev. Toxicol.* 24, 1-9.

<https://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol24-1/51-130-2-PB.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] y Organización

Mundial de la Salud [OMS]. (2006). Documento de debate sobre la acrilamida.

[https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FShared%2BDocuments%252FArchive%252FMeetings%252FCCFAC%252Fccfac38%252Ffa38_35s.pdf)

[proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FShared%2BDocuments%252FArchive%252FMeetings%252FCCFAC%252Fccfac38%252Ffa38\\_35s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FShared%2BDocuments%252FArchive%252FMeetings%252FCCFAC%252Fccfac38%252Ffa38_35s.pdf)

Ortiz-Barredo, A. (2004). Determinación de los niveles de acrilamida en el café. *Instituto Vasco*

*de Investigación y Desarrollo Agrario.*

[https://www.nasdap.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/resultados\\_investigacion/es\\_9873/adjuntos/acrilamida.pdf](https://www.nasdap.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/resultados_investigacion/es_9873/adjuntos/acrilamida.pdf)

Osorio, V. y Pabón, J. (s/f). *Factores e indicadores de la calidad física, sensorial y química del*

*café*. CENICAFE. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4227/1/Cap07.pdf>

Osorio, V., Pabón, J., Gallego, C., y Echeverri-Giraldo, L. (2021). Efecto de las temperaturas y

tiempos de tueste en la composición química del café. *Revista Cenicafe*, 72(1), e72103.

<https://doi.org/10.38141/10778/72103>

Pacheco, V. (2016). *Estimación del tiempo de vida útil del café tostado tipo premiun (Coffea*

*arabica) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas*. [Tesis de pregrado,

Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM.

<https://hdl.handle.net/20.500.12996/1779>

- Parada, M., Caballero, L. y Rivera, M. (2020). Selección y Entrenamiento e jueces en cata de café. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 18(1) 104 – 124. <https://doi.org/10.24054/limentech.v18i2.996>
- Pattanayak, B. y Mohapatra, S. (2023). Detección ultrasensible asistida por teléfono inteligente de acrilamida en refrigerios procesados térmicamente utilizando el sensor FRET integrado CQD@Au NP. *Spectrochimica Acta Parte A: Espectroscopia molecular y biomolecular*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2022.122009>
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernandez, A., Basteiro, J. y Garcia-Cueto, E. (2014). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? Bogotá, Colombia. *Revista Universitaria de Psicología y Salud* 14(1) 245 – 254. ISSN 1657-9267 <http://www.scielo.org.co/pdf/rups/v14n1/v14n1a21.pdf>
- Prieto, Y. (2002). *Caracterización física de café semitostado*. [Tesis de licenciatura, Fundación Universidad de América]. Biblioteca digital de Bogotá. [https://avdiaz.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/09/ti01\\_200603.pdf](https://avdiaz.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/09/ti01_200603.pdf)
- Producción peruana de café alcanzo las 234 200 toneladas en 2022, mostrando una caída de 14%, (3 de febrero de 2023). *Junta Nacional del Café*. <https://juntadelcafe.org.pe/produccion-peruana-de-cafe-alcanzo-las-234-200-toneladas-en-2022-mostrando-una-caida-de-14/>
- Rivera, J. (2016). *Estimación del tiempo de vida útil del café verde y pergamino (Coffea arabica) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2638/J11-R5-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Rodríguez, J., Scotto, F., Cianferoni, A., Loor, A., Benalcázar H., Lanchi, E. y López, A. (2020). *Manual básico del catador de café*. Comité Europeo para la formación y la Agricultura ONLUS – CEFA s/n(5). [http://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2021/05/13\\_Manual-basico-del-catador-de-cafe-%E2%80%93-Vol.-5.pdf](http://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2021/05/13_Manual-basico-del-catador-de-cafe-%E2%80%93-Vol.-5.pdf)
- Salazar, 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 Popular*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional UAGRARIA. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SALAZAR%20ESTRADA%20DELFA%20DORALIZA.pdf>
- Santín – Sánchez, M. (2018). *Evaluación del contenido de acrilamida durante el procesamiento de panela granulada y propuesta de reducción*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional UDEP. <https://hdl.handle.net/11042/3514>
- Santos, M. (2017). *Desarrollo de un método analítico para la cuantificación de acrilamida en tostadas de tortilla de maíz procedentes de Monterrey (México) y estimación de la exposición dietética*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. TDX Tesis doctorals en Xarxa. <http://hdl.handle.net/10803/405408>
- Smith, T. (2019). *Desarrollo, Optimización y Validación de un Método Bioanalítico por HPLC/PDA para la determinación de Metformina en Plasma*. [Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional Unidad Zacatenco]. Repositorio CINVESTAV. Instituto Politécnico Nacional Unidad Zacatenco. <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1186/SSIT0016182.pdf?seque>

[nce=1&isAllowed=y](#)

- Soares, W., Rodrigues, S., Serafim, V., Louzada, L., Bassini, D. y Pinheiro, F. (2023). Maillard reaction precursors and arabica coffee (*Coffea arabica* L.) beverage quality. *Food and Humanity*, 1, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.01.002>
- Stark, M. (2012). *What is the Shelf Life of Roasted Coffee? A Literature Review on Coffee Staling*. <http://www.scaa.org/chronicle/2012/02/15/what-is-the-shelf-life-of-roasted-coffee-a-literature-review-on-coffee-staling/>
- Strocchi, G., Rubiolo, P., Cordero, C., Bicchi, C. y Liberto E. (2022). Acrylamide in coffee: What is known and what still needs to be explored. A review. *Food Chemistry* 393 133406. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133406>
- Todhanakasem, T., Van, N., Kunyane, K. y Pitinighipat, N. (2025). Physicochemical characteristics and metabolite content of roasted arabica coffee in relation to consumer preference. *LWT*, 217(117438) <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.117438>
- Valenzuela, R. y Ronco, A. (2007). Acrilamida en los Alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 34(1). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46934101>
- Vural, T. (2022). Formation of acrylamide in coffee. *Current Opinion in Food Science*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100842>

## **IX. ANEXOS**

### **ANEXO A**

#### **PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO PARA MUESTRAS - CATACIÓN**

##### **1. Propósito**

Describir los análisis que deben ser realizados a una muestra de café como parte de los lineamientos de inspección sensorial y ensayo en la recepción, proceso y producto final (Catación).

##### **2. Responsables**

Este tipo de análisis es realizado por personal calificado con experiencia de más de 5 años en labores de catación.

##### **3. Desarrollo**

- Colocar 8,25 g de café tostado y molido en una taza con capacidad de 150 ml (relación 1:18 aprox).
- Aspirar los gases de la muestra molida, este representa el aroma en seco.
- Colocar agua filtrada caliente a temperatura de  $93 \pm 2$  °C
- Inmediatamente después de colocar el agua, aspirar los vapores sueltos por la muestra y el agua, este representa el aroma húmedo.
- Dejar reposar entre 3 a 5 minutos, para permitir la correcta extracción de las características sensoriales, además se empieza a formar la “costra” en la superficie de la taza.
- Luego romper la costra con una cuchara redonda e inhalar los vapores de la taza para medir el carácter aromático del café, las partículas del café descienden al fondo de la taza.
- Eliminar toda partícula de la superficie.
- Dejar reposar la bebida a temperatura de 70°C antes de la evaluación (8 – 10 min).

- Sacar una muestra con la cuchara de la bebida cerca de la boca y aspirar. La aspiración introduce vapor dentro de la cavidad nasal y extiende el líquido uniformemente sobre toda la lengua y el paladar superior.
- Retener la bebida en la boca de 3 a 5 segundos para percibir la intensidad de las características sensoriales.
- Expulsar la bebida después de este tiempo, dentro de un contenedor.
- Evaluar la sensación que permanece en la boca después de la degustación para determinar el gusto residual, y llenar el formato de Catación.

#### **4. Registro Catación**

Se debe anotar sus observaciones del análisis cualitativo con el puntaje del 6 – 10.

Según la ficha de Catación

## ANEXO B

## CARACTERISTICAS TECNICAS DEL MATERIAL DE EMPAQUE

CARACTERISTICAS TECNICAS	ESPECIFICACION			VALOR MEDIDO		METODO DE ENSAYO	UNIDADES
	STD.	TOLER.		PROM.	Desv. STD		
DEL MATERIAL							
GRAMAJE	132.0	±	8.0	135.3	1.4	ME.CAL.008	(g/m²)
FUERZA DE ADHESION FINAL							
PET-TINTA / ALU		> 50		465		ME.CAL.028	(g/cm)
ALU / PEBD		> 100		405		ME.CAL.028	(g/cm)
COEFICIENTE ESTATICO DE FRICCION							
Cara interna/ Metal	0.25 ± 0.10			0.23		ME.CAL.034	(Adimensional)
Cara externa/ Metal	0.25 ± 0.10			0.25		ME.CAL.034	(Adimensional)
FUERZA DE SELLO							
PEBD / PEBD	> 1800			3670		ME.CAL.030	(g/cm)
SOLVENTES RESIDUALES	< 20			2.29		ME.CAL.010	(mg/m²)
DIMENSIONALES							
ANCHO	285	±	0.10	285	0.0	ME.CAL.005	(mm)
REPETICION	285	±	0.10	285	0.0	ME.CAL.005	(mm)

## ANEXO C

## RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL REALIZADA AL CAFÉ TOSTADO TIPO OSCURO

# Panel ista	Id	Tiempo (días)	Aroma	Resabio	Cuerpo	Dulzor	Uniformidad	Sabor	Acidez	Balance	Taza Limpia	Puntaje del Panelista	Total
1	40624	0	8	7.3	7.5	8	8	7.9	7.2	7	8	7.6	76.5
	150724	30	7.8	7.25	7	8	8	7.6	7	7.85	8	7.7	76.2
	160824	60	7.3	7.25	7.25	8	8	7.7	7	7.8	8	7.55	75.85
	130924	90	7	7.25	7	8	8	7.7	7	7.5	8	7.5	74.95
	141024	120	7.25	7.25	7	8	8	7.3	6.7	7	8	7.5	74
	121124	150	7	7	7	8	8	7.2	6.5	7	8	7.3	73
	141224	180	7	7	6.5	7	8	6.7	6.8	7	8	6.8	70.8
2	40624	0	8.6	7.3	7.7	8	8	8	7.4	7.6	8	7.7	78.3
	150724	30	8	7.3	7.1	8	8	7.5	7.1	7.6	8	7.6	76.2
	160824	60	7.4	7.1	7	8	8	7.35	7	7.3	8	7.3	74.45
	130924	90	7	7	7	8	8	7.2	7	7.2	8	7.25	73.65
	141024	120	7	7	7	8	8	7	7	7	8	7.1	73.1
	121124	150	7	7	7	8	8	7	7	7	8	7	73
	141224	180	7	6.7	7	7	7	6.8	6.8	7	8	7	70.3
3	40624	0	8.2	7.5	7.4	8	8	8	7.2	7	8	7.7	77
	150724	30	7.8	7.2	7.35	8	8	7.75	7	7.3	8	7.6	76
	160824	60	7.2	7.3	7	8	8	7.6	7	7.1	8	7.55	74.75
	130924	90	7	7	7	8	8	7.35	7	7	8	7.3	73.65
	141024	120	7	7	7	8	8	7.2	7	7	8	7.1	73.3
	121124	150	7	6.9	6.9	8	8	7	7	7	8	7	72.8
	141224	180	6.8	6.8	6.8	8	7	6.75	7	6.9	8	7	71.05

4	40624	0	8.2	7.8	7.8	8	8	8	7	8	8	8	78.8
	150724	30	7.7	7.6	7.6	8	8	7.75	7	7.6	8	7.8	77.05
	160824	60	7.2	7.25	7.25	8	8	7.6	7	7.7	8	7.5	75.5
	130924	90	7	7.25	7.1	8	8	7.5	7	7.3	8	7.3	74.45
	141024	120	7	7	7	8	8	7	6.9	7	8	7.1	73
	121124	150	7	7	6.9	8	8	7	6.7	7	8	7	72.6
	141224	180	6.6	6.9	6.8	8	8	6.8	6.5	6	8	7	70.6

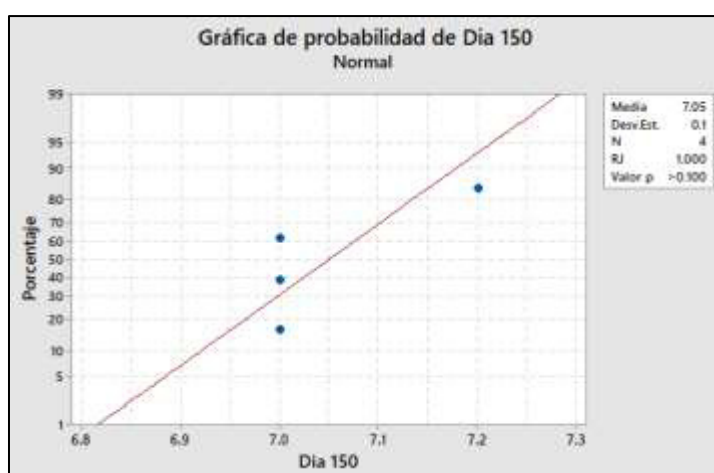
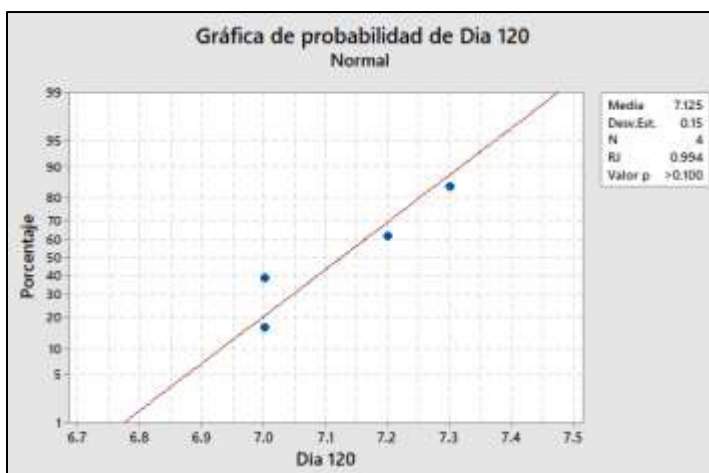
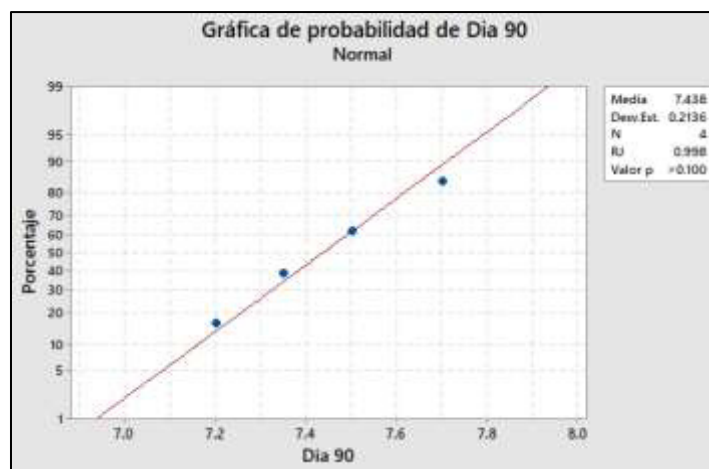
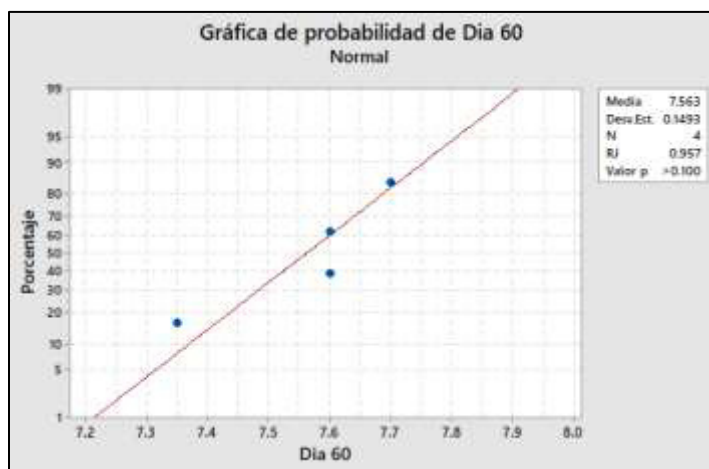
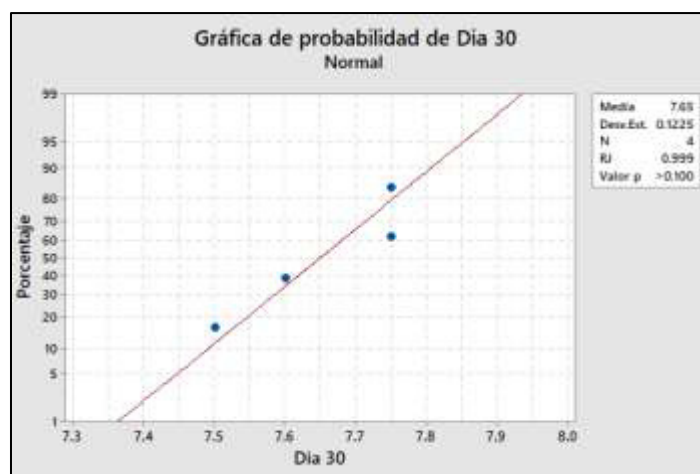
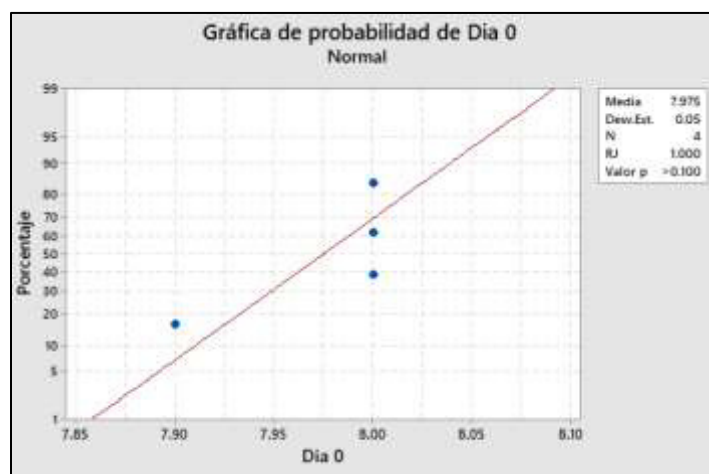
**ANEXO D****CORRELACION DE LA REGRESION LINEAL EN ANALISIS SENSORIAL POR PANELISTA**

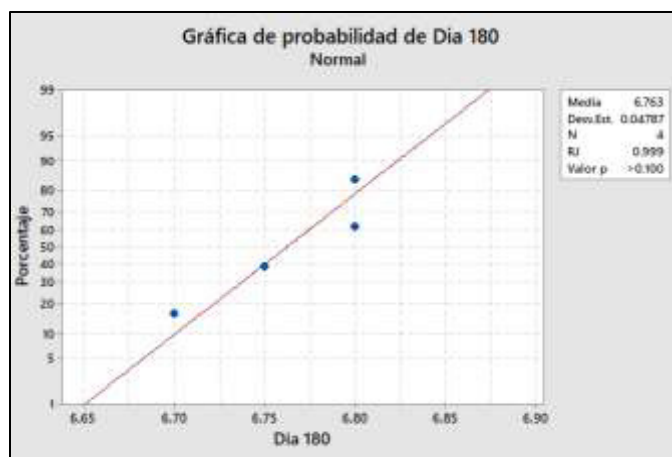
<b>R<sup>2</sup></b>				
Orden de Correlación	Panelista #1	Panelista #2	Panelista #3	Panelista #4
Lineal	0.9144	0.9228	0.9718	0.9842



## ANEXO E

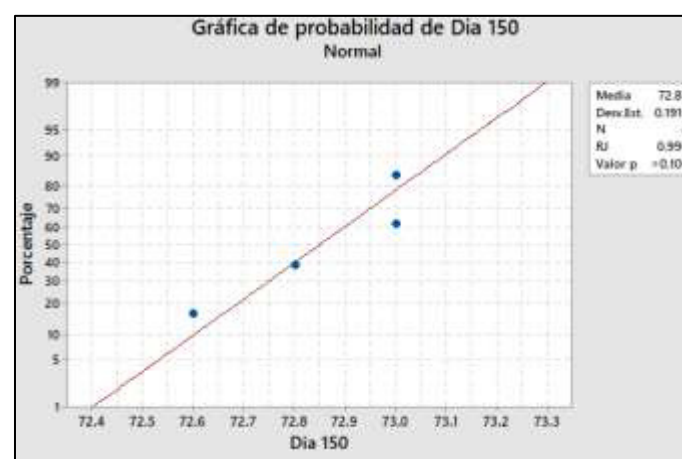
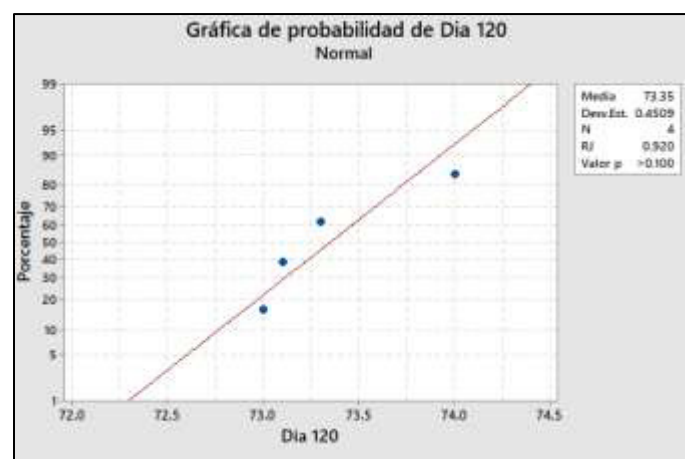
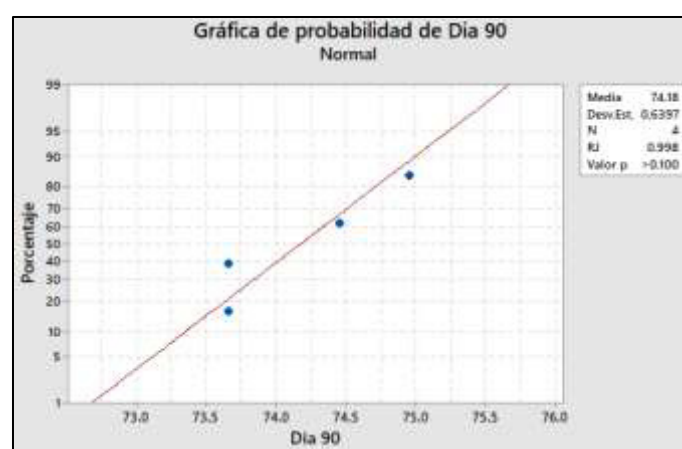
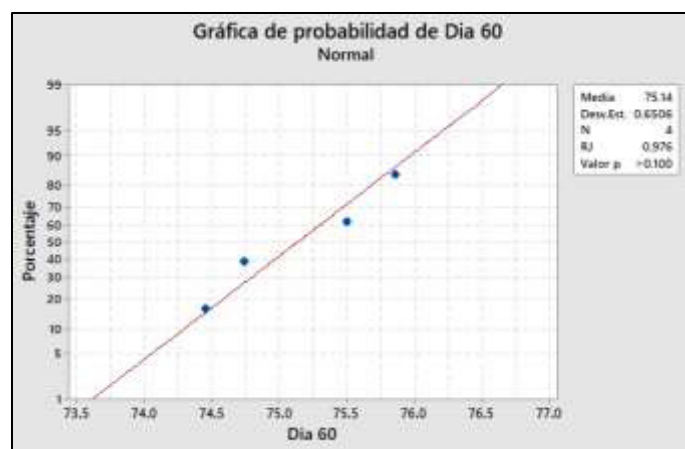
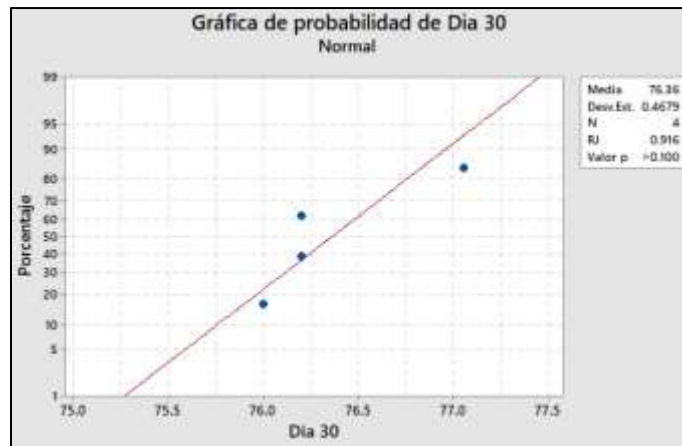
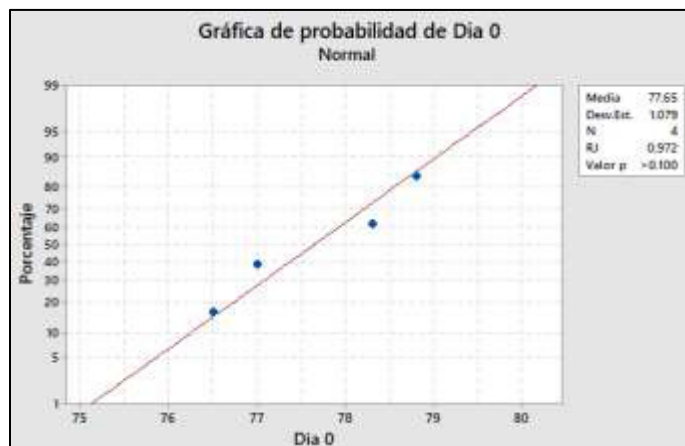
**GRAFICO DE PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL ANALISIS SENSORIAL:  
ATRIBUTO “SABOR”**

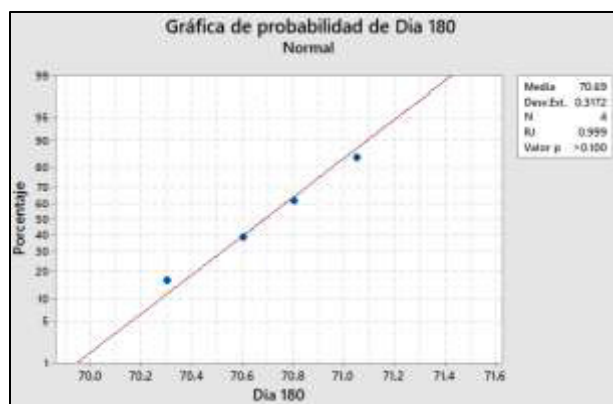




## ANEXO F

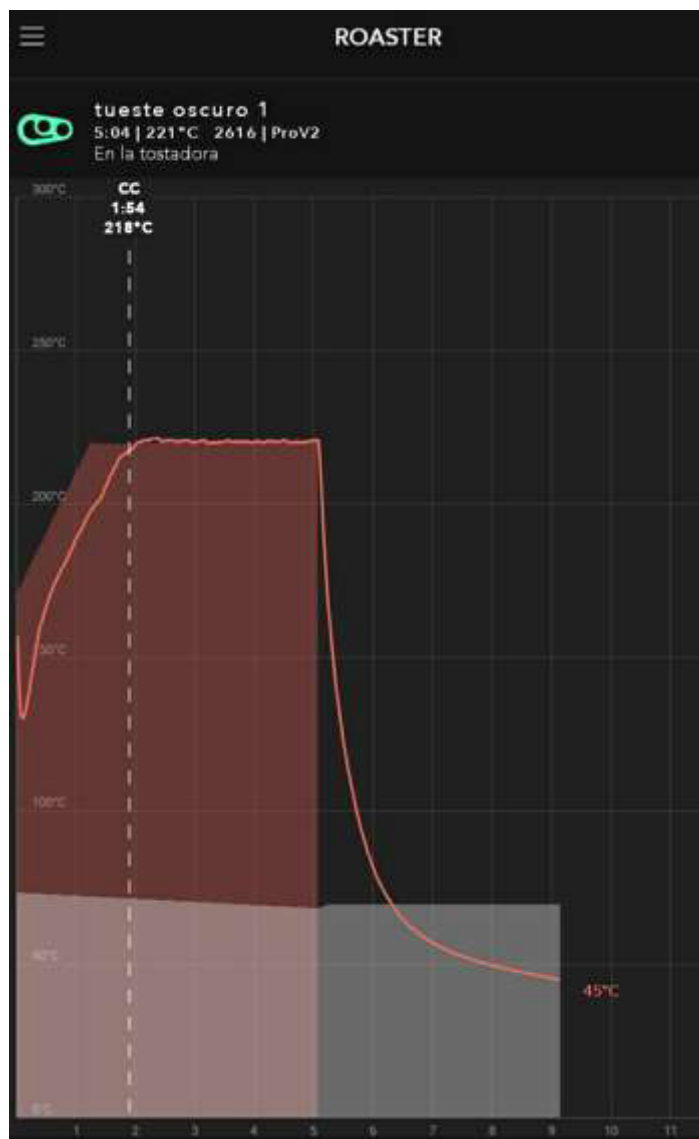
**GRAFICO DE PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL ANALISIS SENSORIAL:  
PUNTAJE TOTAL**





## ANEXO G

## PERFIL DE TOSTADO TIPO “COMERCIAL” EN CAFÉ OSCURO



tueste oscuro 1

04 abr. 2025 10:36  
Tostadora: 2616 | ProV2

37.5%  
Secado

N/A  
Maillard

N/A  
DTR

Ingresar nombre del café

Temperatura de precalentado:  
157°C

Punto de retorno:  
0:07 (130°C)

Temperatura final:  
221°C

Cambio de color:  
1:54 (218°C)

Fin del tueste:  
5:04

1.º crack  
-

Ver tostado >

Agregar notas >

Agregar fotos +








Exportar como CSV >

Exportar a Cropster >

Comparta el perfil de tueste >

## ANEXO H

### REGISTRO DE CATAACION

<b>Análisis de Catación</b>										Codigo:		CA - F- 01			
<b>Control de Calidad</b>										Fecha / version:		v.1			
Indicaciones para los panelistas:															
<p>Completar los puntajes con los valores de calidad mencionados en el cuadro inferior.</p> <p>Entre cada repetición enjuagarse con agua.</p> <p>Seguir el procedimiento de Catación .</p>															
Escala de Calidad															
6.00 - Bueno				7.00 - Muy Bueno				8.00 - Excelente				9.00 - Extraordinario			
6.25				7.25				8.25				9.25			
6.50				7.50				8.50				9.50			
6.75				7.75				8.75				9.75			
Fecha:															
Nombre del Panelista:															
Producto:															
<b>Id de muestra: :</b>	Atributo Aroma	Puntaje		Atributo Resabio	Puntaje		Atributo Cuerpo	Puntaje		Atributo Dulzor	Puntaje		Atributo Uniformidad	Puntaje	
										6 - 7 - 8 - 9 - 10			6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	Atributo Sabor	Puntaje		Atributo Acidez	Puntaje		Atributo Balance	Puntaje		Atributo Taza limpia	Puntaje		Puntaje del Panelista	Puntaje	
										6 - 7 - 8 - 9 - 10					
	Notas:														
										PUNTAJE FINAL					

## ANEXO I

### PREPARACION DE MUESTRAS DE CAFÉ TOSTADO TIPO “OSCURO”



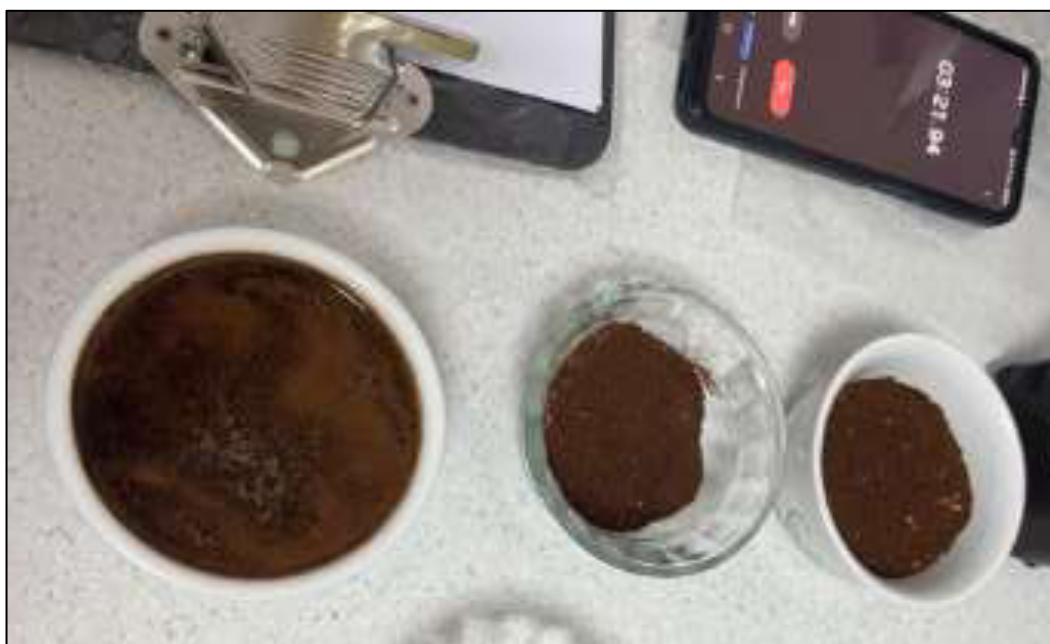


## ANEXO J

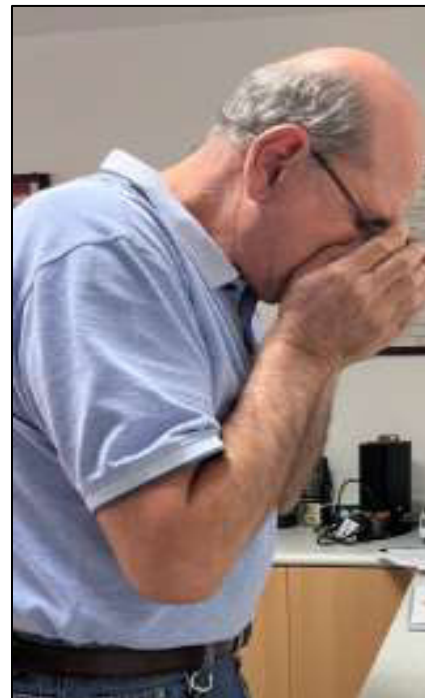
### ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS DE CAFÉ TOSTADO TIPO “OSCURO”

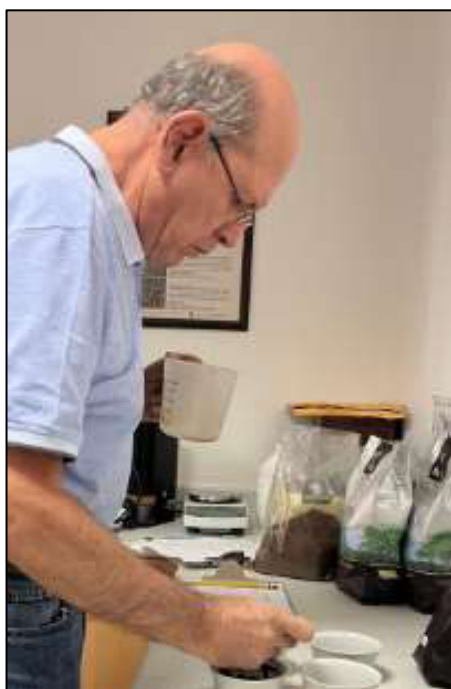




**ANEXO K****PREPARACION DE MUESTRAS DE CAFÉ TOSTADO TIPO “OSCURO”**

**ANEXO L**  
**ANALISIS SENSORIAL – CATAACION**





## ANEXO M

## RESULTADOS DE CROMATOGRAFIA LIQUIDA Y ESPECTRO DE MASAS



# Universidad Nacional Agraria La Molina

## Instituto de Biotecnología

Biología Industrial & Bioprocesos

Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056. Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436

<http://www.lamolina.edu.pe/instituto/ibt/>

[ibt@lamolina.edu.pe](mailto:ibt@lamolina.edu.pe)



### RESULTADO DE ANALISIS\*

**CLIENTE:** Rosa Velit Perea

**MUESTRA:** Café

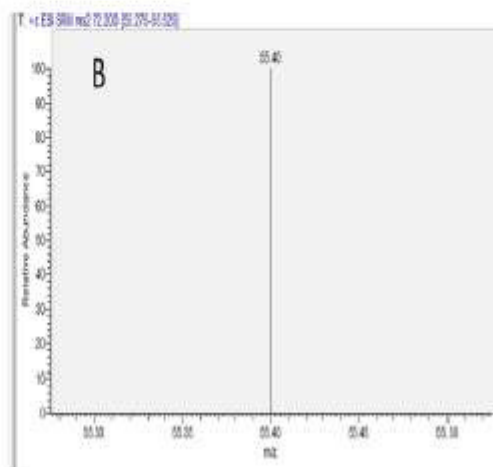
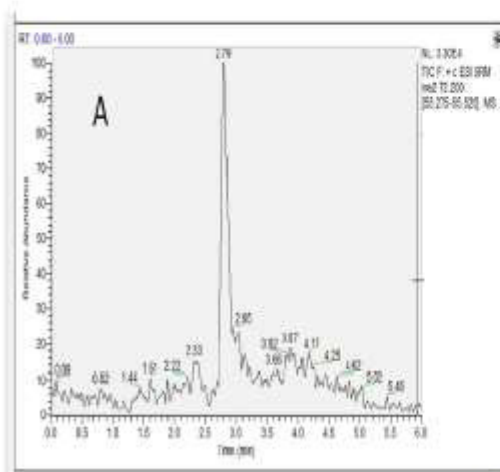
#### I: Contenido de acrilamida

MUESTRA	Acrilamida (µg/Kg)
Muestra #4	159.6
Muestra #6	109.7
Muestra #1	204.5

\* Promedio de tres repeticiones

#### II: Cromatograma

##### Muestra #4





# Universidad Nacional Agraria La Molina

## Instituto de Biotecnología

Biología Industrial & Bioprocesos

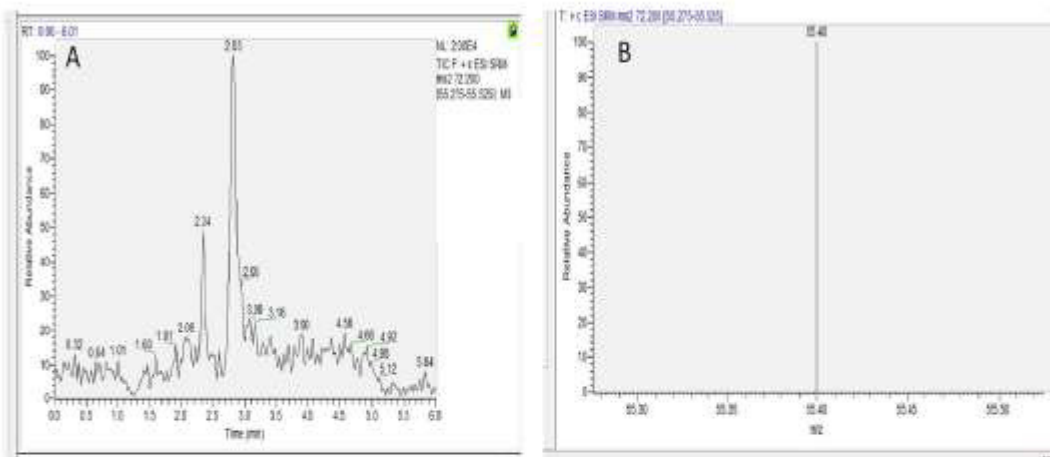
Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056, Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436

<http://www.lamolina.edu.pe/instituto/ibt/>

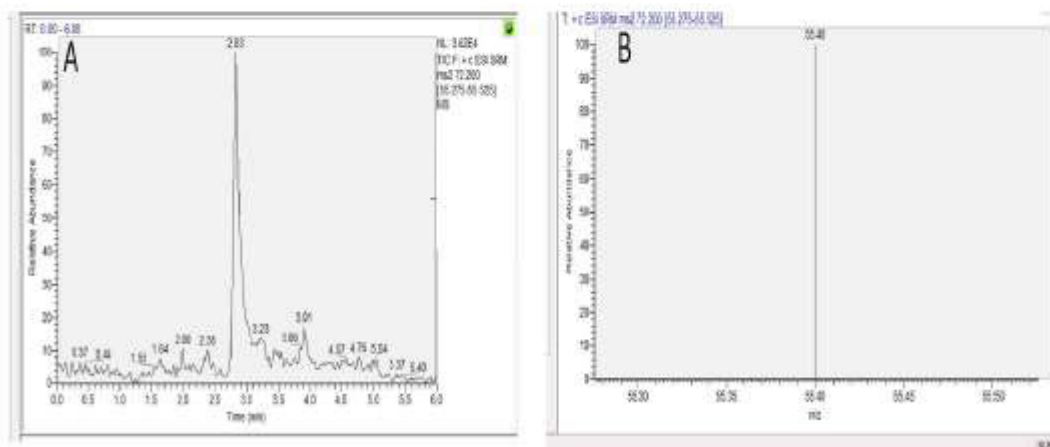
[ibt@lamolina.edu.pe](mailto:ibt@lamolina.edu.pe)



### Muestra #6



### Muestra #1







## Universidad Nacional Agraria La Molina

### Instituto de Biotecnología

Biotecnología Industrial & Bioprocesos

Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056, Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436

<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>

[ibt@lamolina.edu.pe](mailto:ibt@lamolina.edu.pe)



Método, adaptado de:

Bertuzzi, T., Rastelli, S., Mulazzi, A., & Pietri, A. (2017). Survey on acrylamide in roasted coffee and barley and in potato crisps sold in Italy by a LC-MS/MS method. Food Additives & Contaminants: Part B, 10(4), 292–299.

Campos, D., Chirinos, R., Huaraca-Espinoza, P., Aguilar-Galvez, A., Garcia-Rios, D., Pedreschi, F., & Pedreschi, R. (2024). Atmospheric immersion and vacuum impregnation of gallotannins and hydrolysed gallotannins from tara pods (*Caesalpinia spinosa*) mitigate acrylamide and enhances the antioxidant power in potato chips. Food Chemistry, 436, 137675.

---

#### Advertencia:

- El muestreo y las condiciones de manejo de las muestras hasta su ingreso a los Laboratorios del IBT -UNALM son de responsabilidad del solicitante
  - Los resultados son válidos sólo para muestra recibida
- 

La Molina 18 de setiembre del 2024

Dr. David Campos Gutiérrez

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA

BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL & BIOPROCESOS



## Universidad Nacional Agraria La Molina

Instituto de Biotecnología

Biotechnología Industrial & Bioprocesos

Av. La Molina s/n, La Molina Apdo. 12056, Lima-Perú, Telf. 614-7800 Anexo 436

<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>

[ibtbi@lamolina.edu.pe](mailto:ibtbi@lamolina.edu.pe)



### RESULTADO DE ANALISIS\*

**CLIENTE:** Rosa Velit Perea

**MUESTRA:** Café

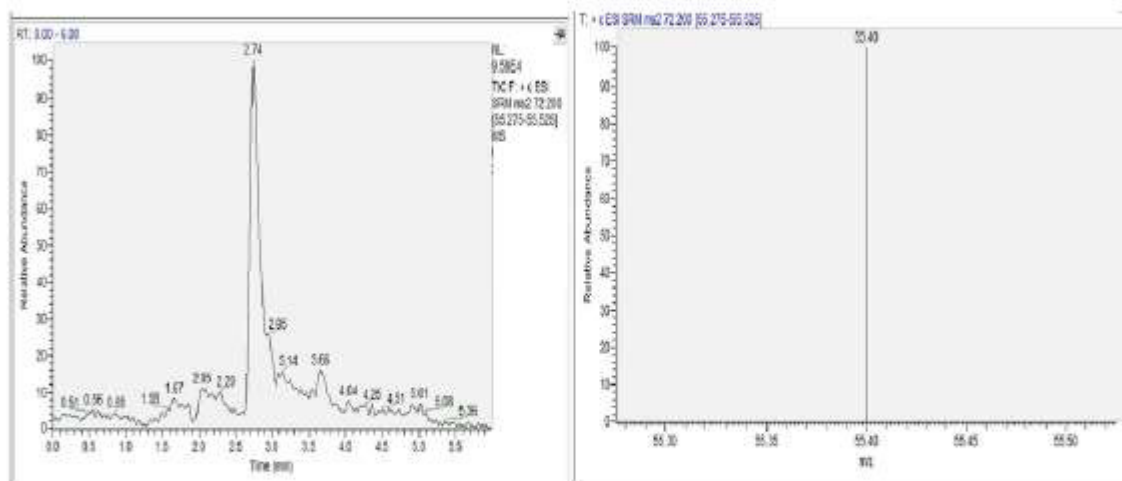
#### I: Contenido de acrilamida

MUESTRA	Acrilamida (µg/Kg)
Muestra #3	171.65
Muestra #5	128.21
Muestra #2	176.97

\* Promedio de tres repeticiones

#### II: Cromatograma

##### Muestra #3





# Universidad Nacional Agraria La Molina

Instituto de Biotecnología  
Biotecnología Industrial & Bioprocesos

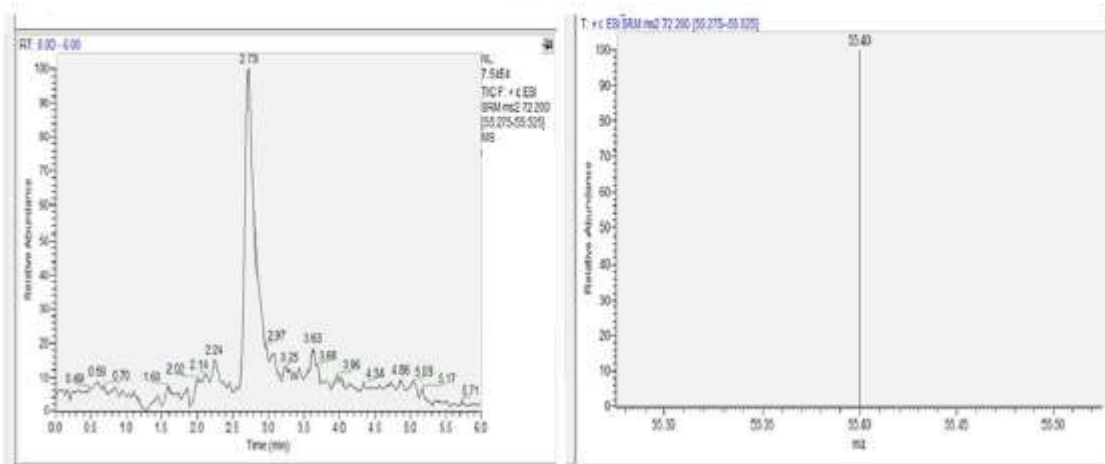
Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056, Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436

<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>

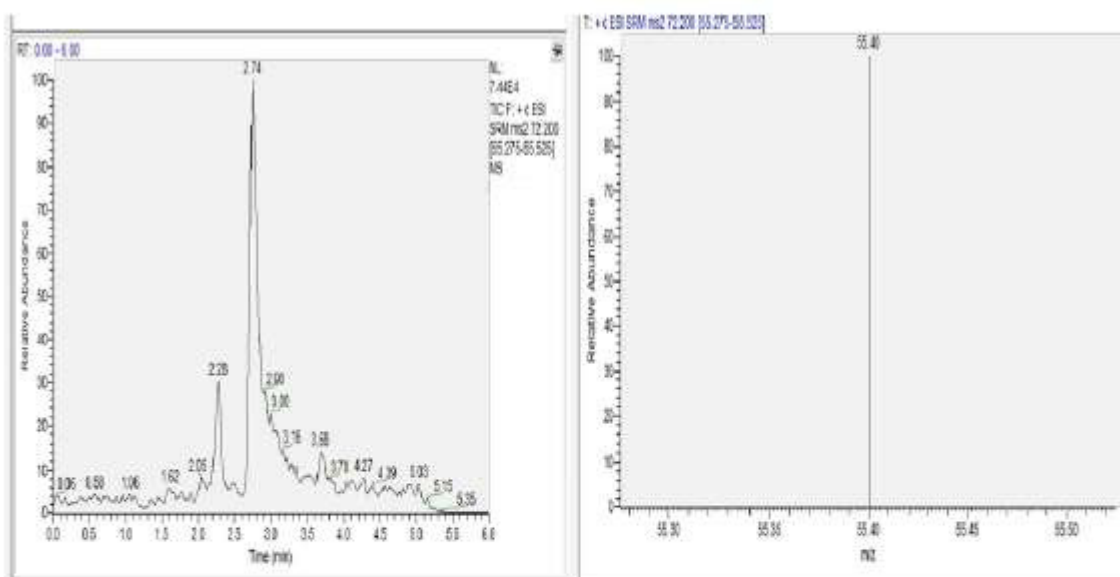
[ibtbi@lamolina.edu.pe](mailto:ibtbi@lamolina.edu.pe)



## Muestra #5



## Muestra #2







## Universidad Nacional Agraria La Molina

### Instituto de Biotecnología

Biotechnología Industrial & Bioprocesos

Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056, Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436

<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>

[ibtbi@lamolina.edu.pe](mailto:ibtbi@lamolina.edu.pe)



Método, adaptado de:

Bertuzzi, T., Rastelli, S., Mulazzi, A., & Pietri, A. (2017). Survey on acrylamide in roasted coffee and barley and in potato crisps sold in Italy by a LC-MS/MS method. Food Additives & Contaminants: Part B, 10(4), 292-299.

Campos, D., Chirinos, R., Huaraca-Espinoza, P., Aguilar-Galvez, A., Garcia-Rios, D., Pedreschi, F., & Pedreschi, R. (2024). Atmospheric immersion and vacuum impregnation of gallotannins and hydrolysed gallotannins from tara pods (*Caesalpinia spinosa*) mitigate acrylamide and enhances the antioxidant power in potato chips. Food Chemistry, 436, 137675.

#### Advertencia:

- El muestreo y las condiciones de manejo de las muestras hasta su ingreso a los Laboratorios del IBT -UNALM son de responsabilidad del solicitante
- Los resultados son válidos sólo para muestra recibida

La Molina 18 de octubre del 2024

Dr. David Campos Gutiérrez

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA

BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL & BIOPROCESOS