

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.

Kevyn Francisco Sánchez

Químico Farmacéutico

Guatemala, octubre del 2024

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino
en funciones

Decano

M. Sc. Bessie Abigail Orozco Ramírez

Secretaria

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino

Vocal I

Dr. Roberto Enrique Flores Arzú

Vocal II

Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera

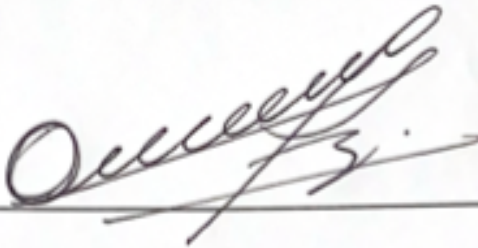
Vocal III

Br. Carmen Amalia Rodríguez Ortiz

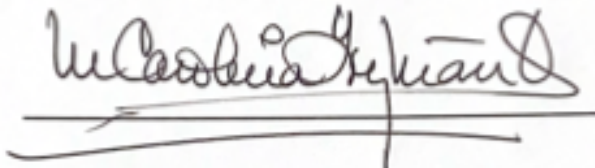
Vocal IV

Br. Paola Margarita Gaitán Valladares

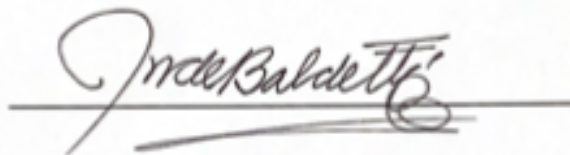
Vocal V



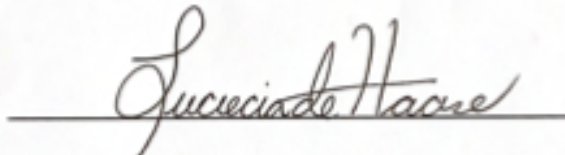
PEM: Kevyn Francisco Sánchez
Autor



M. Sc. Carolina Guzman Quilo
Asesora



M. Sc. Magda Hernández Lima
Revisora



Licda. M.A. Lucrecia Martínez de Haase
Directora Escuela de Química Farmacéutica



Dr. Juan Francisco Pérez Sabino
Decano en funciones

REF.EQF.600.10.2024

17 de octubre de 2024

Bachiller
Kevyn Francisco Sánchez
Estudiante
Escuela de Química Farmacéutica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

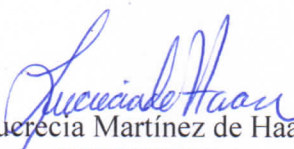
Bachiller Sánchez:

Por este medio me dirijo a usted para informar que esta Dirección aprueba su trabajo en la modalidad de tesis, titulado: **“DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA”**; por lo que se brinda orden de impresión para ser entregada a Biblioteca Central y la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia; previo a su graduación.

Sin más que agregar, me despido de usted,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Lcda. Lucrecia Martínez de Haase, M.A.

DIRECTORA
ESCUELA DE QUÍMICA FARMACÉUTICA



cc. Archivo
LMdH/cj

DEDICATORIA

A DIOS

Por sus bendiciones y guiarme en todo momento.

A FAMILIA

Mamá y hermanos, por apoyarme en todo momento por su apoyo moral. A pesar de cualquier dificultad me enseñaron a salir adelante.

PAPÁ

Francisco Tebalan por enseñarme a ser un hombre de bien y aunque no esté conmigo

AMIGOS

Por todos esos momentos especiales que me inspiran a ser una mejor persona y a motivarme a no desmayar en momentos difíciles.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Por sembrar la excelencia, por formarme como un profesional consciente de la realidad nacional guatemalteca.

CLAUTRO DOCENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Por formarme como un excelente profesional capaz de tener todas las competencias necesarias para enfrentarme a la realidad nacional guatemalteca.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por sus bendiciones y brindarme sabiduría para finalizar esta etapa de mis estudios.

A FAMILIA

Mamá y hermanos, por apoyarme en todo momento durante mi carrera como estudiante.

A MIS AMIGOS

Por su sincera amistad, por los bonitos momentos compartidos hasta ahora y por brindarme ese apoyo moral en momentos difíciles.

A COLABORADORAS DEL
DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGIA –
USAC-

Por el acompañamiento durante la elaboración de este trabajo de investigación

A LICDA. EUGENIA RODAS

Por darme inspiración y entrega por mis estudios.

AL CENTRO DE INFORMACIÓN
TOXICOLÓGICA Y DEPARTAMENTO
DE TOXICOLOGÍA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
USAC

Por prestarme las instalaciones y materiales, los cuales fueron importantes para la realización de este trabajo.

M.Sc. CAROLINA GUZMAN QUILO.
Y MSC. MAGDA E. HERNÁNDEZ L.

Por todo su apoyo, tiempo y acompañamiento para que este trabajo fuera posible. De todo corazón muchas gracias

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA.

Mi Alma Mater por darme la oportunidad de haber obtenido mis dos carreras Universitarias en sus magnas aulas.

INDICE

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. ANTECEDENTES	3
A. INTERNACIONALES.....	3
B. NACIONALES	5
IV. JUSTIFICACIÓN.....	8
V. OBJETIVOS.....	9
VI. HIPÓTESIS.....	10
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
A. UNIVERSO.....	11
B. MATERIALES.....	11
1. Reactivos.....	11
2. Cristalería	11
3. Material de oficina	12
C. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	12
1. Selección y tamaño de la muestra:	12
2. Unidad de análisis:	13
3. Criterios de inclusión y exclusión	13
4. Plan de recolección de Muestras	13
5. Análisis de muestras	14
6. Plan de análisis de datos	17
VIII. RESULTADOS.....	18

IX. DISCUSIÓN	27
X. CONCLUSIONES	31
XI. RECOMENDACIONES	32
XII. REFERENCIAS.....	33
XIII. ANEXOS	39
ANEXO 1. MARCO TEÓRICO	39
A. HISTORIA DEL PLOMO	39
B. USOS	40
C. EFECTOS A LA SALUD	41
1. Sintomatología.....	44
D. CANELA (CINNAMOMUM ZEYLANICUM)	45
1. Composición química	45
2. La canela y el plomo.....	46
3. Límites de plomo en Canela.....	47
E. ESPECTROSCOPÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA (EAA)	47
1. Descripción.....	47
2. Fundamento	47
3. Aplicaciones	48
ANEXO 2. HOJA DE RESULTADOS.....	50
ANEXO 3. BOLETAS DE REGISTRO DE MUESTRAS	51
ANEXO 4. PROCESO DE MOLIENDA DE CORTEZA DE CANELA	81
ANEXO 5. MUESTRAS DIGERIDAS Y AFORADAS CON ÁCIDO NÍTRICO AL 5% V/V	82

ANEXO 6. MUESTRA DIGERIDA PREVIA A LA LECTURA EN ESPECTRÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA PINAACLE 900T PERKIN ELMER.....	83
ANEXO 7. CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO (Pb) EN MUESTRA DE CORTEZA DE CANELA EMPACADA.....	84
ANEXO 8. CONDICIONES UTILIZADAS PARA DIGESTIÓN.....	84

I. RESUMEN

La corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), es una especia ampliamente utilizada en la cocina guatemalteca, que contiene aceites esenciales y compuestos químicos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Recientemente en Ecuador ha habido una alerta acerca de los niveles de plomo, un metal pesado tóxico para el ser humano, en productos que contienen canela. La intoxicación por plomo puede causar desde úlceras, irritación gastrointestinal como náuseas, vómitos y diarrea, dolor abdominal, cólico saturnino y contribuye al desarrollo de la enfermedad renal crónica, nefropatía crónica y enfermedades cardiovasculares. Puede causar problemas a nivel del sistema nervioso central y periférico lo cual puede repercutir a nivel del desarrollo cognitivo.

El presente estudio buscó establecer la técnica analítica para evaluar la presencia de plomo en corteza de canela comercializada en los supermercados de la Ciudad de Guatemala. Así mismo, calcular la concentración de este metal y comparar con el límite establecido por la Asociación Americana de Comercio de Especies. Se seleccionaron dos lotes distintos de cada una de las 15 marcas comercializadas en supermercados de la ciudad de Guatemala.

El análisis de los niveles de plomo en las muestras se llevó a cabo por medio de Espectrometría de Absorción Atómica con horno de grafito, utilizando un equipo PinAAcle 900T Perkin Elmer. Las muestras secas y molidas de corteza de canela fueron tratadas por digestión con ácido nítrico (HNO_3) al 65% y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30% en proporciones 4:2 respectivamente. Se digirieron por microondas en un equipo Speedwave Entry Berghof. Se realizó una curva de calibración con estándares de plomo de 2, 5, 10, 15 y 20 $\mu\text{g/L}$.

En las 30 muestras de corteza de canela analizadas se detectó la presencia de plomo. El 6.67% de estas muestras presentaron valores por encima de 2 ppm, límite establecido por la Asociación Americana de Comercio de Especies.

II. INTRODUCCIÓN

La presencia de metales pesados en alimentos representa un tema de preocupación para la salud pública en todo el mundo, debido a que estos elementos pueden tener efectos adversos en la salud humana. Entre estos metales, el plomo es especialmente preocupante por su toxicidad y los riesgos de exposición al mismo. La toxicidad del plomo está asociada al retraso en el crecimiento y desarrollo, problemas de aprendizaje y comportamiento, estrés oxidativo, daño hepático, anemia, daños a nivel de ADN, también puede ocasionar abortos espontáneos, entre otras (Acharya, 2013).

La corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), es una especia ampliamente utilizada en la cocina y en la preparación de alimentos en diversas culturas. En los últimos meses informes indican que en el Ecuador hubo exposición a plomo en la corteza de canela, la cual fue utilizada en la fabricación de bolsas de puré de manzana y exportados a diferentes países (Food Drug and Administration, 2024).

La ciudad de Guatemala se conoce por su actividad comercial y venta de diversidad de platos que dentro de su gastronomía emplea canela, por lo que se planteó la posibilidad de verificar los niveles de plomo que contiene el producto que se comercializa.

Se realizó la recolección de muestras de corteza de canela empaquetada en los distintos supermercados de la ciudad de Guatemala, la que se procesó conforme metodología establecida y se procedió a su análisis por medio de Espectroscopía de Absorción Atómica (AA.)

Este estudio servirá como base para futuros análisis en esta área, facilitando a otros investigadores la implementación de este método en dicha matriz, sobre todo con fines regulatorios y de control.

III. ANTECEDENTES

Las intoxicaciones por plomo, ampliamente documentadas desde la antigüedad, han sido descritas en diversas fuentes, tanto naturales como antropogénicas. En años recientes, se ha observado la presencia de plomo en la canela y en productos que la contienen según diferentes publicaciones

A continuación, se presentan artículos relacionados con el tema:

A. Internacionales

Un artículo publicado en 2023 resaltó niveles de plomo en muestras de puré de manzana con canela recolectadas durante una inspección de la Food and Drug Administration -FDA- en una planta en Ecuador. Los resultados revelaron, niveles extremadamente altos de contaminación por plomo, 5,110 ppm y 2,270 ppm superando los límites permisibles para el metal, siendo más de 2,000 veces el nivel de 2.5 ppm considerado para la canela por la Comisión del Codex Alimentarius. Esta contaminación plantea preocupaciones de salud, especialmente considerando los posibles efectos adversos para quienes consumen estos productos. La FDA recomendó análisis de sangre para estas personas, dado que la exposición a plomo provoca consecuencias para la salud, especialmente en niños (Dillinger, 2023).

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) de Ecuador identifica fuente de contaminación con plomo de la canela molida suministrada a Austrofoods a través de Negasmart, utilizada en productos de manzana con canela retirados del mercado. Además, se indicó que la corteza de canela sin procesar, provenientes de Sri Lanka y utilizadas en los productos retirados, no mostraron contaminación por plomo en las pruebas realizadas. Estos hallazgos proporcionan un contexto relevante para la investigación sobre la contaminación de alimentos y sus implicaciones para la salud pública (FDA, 2024).

El artículo denominado "*A Spoonful of Lead: A 10-Year Look at Spices as a Potential Source of Lead Exposure*" examinó la exposición al plomo a través de las especias y su posible impacto en la salud. Los autores investigaron la presencia de plomo en más de 50 tipos de especias de 41 países, encontrando que más del 50% de las muestras contenían plomo detectable y que más del 30% tenían concentraciones superiores a 2 ppm. Específicamente, las especias compradas en el extranjero mostraron concentraciones más altas que las de Estados Unidos, siendo países como Georgia, Bangladesh, Pakistán, Nepal y Marruecos los que presentaron las concentraciones más elevadas. Este estudio subraya la urgencia de desarrollar intervenciones y promover esfuerzos intergubernamentales para establecer regulaciones más estrictas en la seguridad alimentaria a nivel global (Hore et al., 2019).

Otro estudio en 2018, evaluó los niveles de plomo en 359 muestras de especias comunes del mercado de la República de Corea, incluyendo canela, perejil, albahaca, entre otras. Se utilizó la digestión ácida húmeda y espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) para determinar Pb, Cd y As. Los resultados revelaron que la canela presentó el mayor contenido de Pb, con un promedio de 0,972 mg/kg, mientras que el contenido medio de Pb en las especias coreanas fue de 0,307 mg/kg. Aunque los niveles de Pb estaban dentro de los límites permitidos por la UE, el estudio subraya la importancia de monitorear los niveles de metales pesados, especialmente en especias como la canela, para garantizar la seguridad alimentaria (Shim et al., 2018).

Un estudio realizado en la Metrópolis Kumasi de Ghana en 2010, usó Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS), e indica que los niveles de plomo en jengibre, pimienta negra y canela superan los estándares aprobados por la OMS y la FAO. Este sugiere riesgos para la salud asociados con su consumo por lo que constituye un llamado de atención por exposición de dicho metal (Marian y Nkansah, 2010).

Un estudio en Polonia en 2006 encontró que el 42% de las muestras de canela tenían niveles de plomo mayores, ya que presentaron un promedio de 1.49 mg/kg de plomo, el cual supera el límite máximo permisible de 1.0 mg/kg de plomo lo que indica riesgos para la salud pudiendo ocasionar problemas como anemia y trastornos neurológicos. Esto destaca la necesidad de monitorear y cumplir con normas de seguridad en la canela. Se requiere más investigación y estrategias de mitigación para abordar esta contaminación y garantizar la seguridad alimentaria (Krejpcio et al., 2006).

En un estudio en Turquía en 2004, se analizó las concentraciones de plomo y otros metales en canela. Se compararon diferentes formas de preparar las muestras, resaltando la efectividad del método de digestión con microondas. El método propuesto demostró una recuperación adecuada de metales traza, estando en el rango de 95-103% y las desviaciones estándar estuvieron en valores menores a 10%. Las concentraciones de plomo y demás metales se encontraban dentro de los rangos aceptables (Soylak et al., 2004).

B. Nacionales

Chavarria, E., en una investigación realizó la cuantificación de plomo en miel producida por abejas (*Apis mellifera*) en la región sur occidente de la República de Guatemala. El muestreo de la investigación se realizó en cinco centros de acopio, donde se procesaba y exportaba la miel. Los resultados fueron de 4.58 ppm para plomo, lo cual está por debajo de las regulaciones tanto nacionales como internacionales por lo cual cumple con los límites establecidos (Chavarria, 2020).

Una investigación realizada en Guatemala en el río Guastatoya en 2018, demostró que en los últimos años, la contaminación de los ríos guatemaltecos ha aumentado por la falta de regulación, afectando especialmente a las diferentes comunidades del país. El estudio se centró en demostrar la presencia de metales pesados, incluido el plomo, durante la época seca, el cual

superaba los límites permitidos. Este es un foco de contaminación para plantaciones de especias y otro tipo de vegetación (Morales, 2018).

Guerra, L. en el 2018, realizó un estudio que consistió en cuantificar plomo en bolsas filtrantes de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.). El estudio consistió en evaluar 7 marcas de bolsitas filtrantes. Las marcas BL2, BL3, BL5 y BL6 obtuvieron valores de plomo no detectados por el equipo, mientras que BL4 y BL7 obtuvieron concentraciones promedio de 0.080 ppm y 0.075 ppm de plomo respectivamente. Los resultados obtenidos demuestran que dicho producto no sobrepasa los límites establecidos de plomo y son seguros para el consumo de los guatemaltecos (Guerra, 2018).

García en 2010, determinó la presencia de cobre, arsénico, plomo y cadmio, en rábano rojo cultivado en la Finca Planes de San Pedro, Ojo de Agua, Guatemala. Dicha investigación describe que estos elementos pueden acumularse en la raíz del rábano rojo y representar un riesgo para la salud humana si se consumen en cantidades significativas a largo plazo. Sin embargo, los resultados del análisis químico mostraron que las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo en el rábano rojo estaban dentro de los límites establecidos por las normativas internacionales para la ingesta diaria (García, 2010).

Pinetta en el año de 1999 realizó un estudio de la cuantificación de plomo en sal de uso común en la ciudad de Guatemala. Los resultados obtenidos fueron que el 89.68% de la sal de consumo en Guatemala se encuentra fuera del límite máximo de Pb permitido, con un promedio de 8.82 ppm de Pb (Pinetta, 1999).

En Guatemala, hasta la fecha no se ha llevado a cabo estudios que aborden específicamente la cuantificación de plomo en muestras de corteza de canela y con el antecedente reciente de Ecuador, ya que la canela es un ingrediente comúnmente utilizado en

la cocina guatemalteca y forma parte integral de muchas preparaciones alimenticias, es necesario evaluar la concentración plomo.

IV. JUSTIFICACIÓN

El plomo es uno de los primeros metales utilizados por la humanidad. Desde su uso en tuberías en el Imperio Romano hasta su empleo en pinturas, cerámicas y en diversas aplicaciones a lo largo de los siglos. Sin embargo, su toxicidad es reconocida, especialmente en contextos ocupacionales, alimentarios y ambientales.

El impacto a la salud que ha demostrado tener el plomo en el organismo de los humanos es alto. Puede causar problemas a nivel del sistema cardiovascular, hematopoyético, renal, sistema nervioso central y periférico, e inclusive repercute a nivel de desarrollo cognitivo (Abdulla, 2020).

Hay evidencia a nivel internacional, recientemente documentada, Dillinger en 2023 publicó un artículo que menciona los hallazgos de la FDA, donde se menciona la presencia de plomo en preparados alimenticios que contienen canela. En Guatemala no se ha realizado estudios previos para cuantificar el plomo en esta matriz, lo que se hace necesario, ya que esta especia es ampliamente utilizada en la cocina diaria y en alimentos que se comercializan.

Los resultados obtenidos, serán útiles como línea base de la situación actual y de acuerdo a ellos, las autoridades guatemaltecas puedan atender una posible problemática y se instaure vigilancia en productos alimenticios con antecedentes de presencia de plomo.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo general:

Establecer la presencia de plomo en corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) comercializada en la ciudad de Guatemala.

B. Objetivos específicos:

1. Determinar los niveles de plomo en corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), comercializada en los supermercados de la ciudad de Guatemala
2. Comparar las concentraciones de plomo en corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), comercializadas en los supermercados de la ciudad de Guatemala con los valores establecidos por la Asociación Americana de Comercio de Especias.
3. Proponer la técnica analítica para la cuantificación de plomo en corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum*).

VI. HIPÓTESIS

La corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), comercializada en la ciudad de Guatemala cumple con los valores de plomo según los límites establecidos por la Asociación Americana de Comercio de Especias.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo

Corteza de canela comercializada en Guatemala para el consumo humano. La muestra comprende 15 marcas de corteza de canela, con dos lotes distintos para cada marca, lo que suma un total de 30 muestras ($n=30$). Las muestras se adquirieron en supermercados de la Ciudad de Guatemala, todas empacadas en su empaque primario.

B. Materiales

1. Equipo

- a) Espectrómetro de Absorción Atómica PinAAcle 900T Perkin Elmer
- b) Horno digestor Speedwave Entry Berghof
- c) Balanza analítica Shimadzu AY220
- d) Horno BLUE

2. Reactivos

- a) Ácido Nítrico (HNO_3) al 65%
- b) Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30%
- c) Ácido Nítrico (HNO_3) al 10%
- d) Agua ultra pura
- e) Estándar comercial de plomo de 1000 mg/L
- f) Estándar stock de 10 ppm de plomo

3. Cristalería

- a) Matraz de 100 ml
- b) Beaker de 100 ml
- c) Pipeta automática de 5 mL
- d) Vaso volumétrico de 50 ml

- e) Piseta
- f) Bulbo para pipeta *Pasteur*
- g) Vasos digestores
- h) Pipeta automática de 1-10 mL
- i) Puntas de Pipetas de 1 - 10 mL
- j) Copas para Horno de Grafito de 1.2 mL
- k) Balón aforado de 10 mL
- l) Pipetas *Pasteur*
- m) Papel encerado
- n) Crisoles pequeños
- o) Trituradora de alimento
- p) Espátula

4. Material de oficina

- a) Impresora
- b) Hojas de papel bond
- c) Tinta de impresión
- d) Ipad
- e) Computadora

C. Metodología de la investigación

1. Selección y tamaño de la muestra:

Las muestras fueron seleccionadas de manera aleatoria y representativa, considerando la disponibilidad en supermercados de la ciudad de Guatemala.

2. Unidad de análisis:

Las muestras se procesaron en el laboratorio del Departamento de Toxicología, donde se llevó a cabo la fase experimental del estudio y se analizaron las muestras recolectadas.

3. Criterios de inclusión y exclusión

a) Inclusión. Se incluyeron muestras de corteza de canela que contengan empaque primario, comercializadas en los supermercados de la Ciudad de Guatemala. Se incluyeron muestras de cualquier marca o proveedor.

b) Exclusión. Se excluyeron las muestras de corteza de canela que presenten signos evidentes de deterioro, contaminación o alteración física del empaque. Así mismo se excluyeron muestras que hayan sido sometidas a procesos de cocinado o mezclado con otros ingredientes.

4. Plan de recolección de Muestras

a) Selección de muestras. Se recopilaron 30 muestras de corteza de canela de varios supermercados en la Ciudad de Guatemala. Se seleccionaron 15 marcas distintas y dos lotes diferentes de cada una.

b) Codificación de muestras. Las muestras se codificaron, se etiquetaron y se transportaron al laboratorio para su procesamiento, en una caja de plástico. Se asignó un código el cual identifica donde se obtuvo la muestra. El código se establece de la siguiente manera:

i. Número correlativo de muestra de 1 a 30

ii. Iniciales de la marca

iii. Zona del supermercado

Por ejemplo: 1 MS 15.

Muestra 1, Marca MS, zona 15.

5. Análisis de muestras

c) Preparación de cristalería. Toda la cristalería se lavó con Extran® y enjuagó con agua ultrapura.

Posteriormente se preparó una solución de HNO_3 al 10% y se sumergió la cristalería en la solución durante 24 horas.

Al transcurrir las 24 horas, se enjuagó la cristalería nuevamente con agua ultrapura y se dejó secar.

Toda la cristalería ya seca se cubrió con papel aluminio hasta que se emplearon para el análisis en el laboratorio.

d) Preparación simple. Cada muestra antes de ingresar al laboratorio se registró en la boleta de registro de muestras (Ver Anexo 2).

Se sacaron las muestras del empaque primario dentro del laboratorio.

La corteza fue molida con la ayuda de un procesador (Anexo 4).

La canela molida se trasladó a cápsulas de porcelana para el proceso de secado que consistió en calentar las muestras a 80 °C durante 24 horas.

Posteriormente se retiraron las muestras del horno BLUE y se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

e) Proceso de digestión. Se pesó aproximadamente 1g de la muestra seca en la balanza analítica Shimadzu AY220 y se llevó a los vasos de digestión seguido de 4 mL de HNO_3 al 65% y 2 mL H_2O_2 al 20%.

Posteriormente, los vasos digestores fueron colocados dentro del digestor Speedwave Entry Berghof, programando las temperaturas en 2 pasos de la siguiente manera:

Paso	Rampa (Ramp)	Temperatura que alcanzó	Tiempo total que se mantiene la temperatura
1	5 minutos	170 °C	5 minutos
2	1 minuto (enfriando)	75 °C	10 minutos

Rampa: Tiempo necesario para alcanzar la siguiente temperatura.

Al terminar la digestión, se dejó enfriar los vasos digestores a temperatura ambiente y posteriormente se trasvasó cuantitativamente la solución a balones aforados de 10 mL, completando con HNO₃ al 5% v/v (Anexo 5).

f) Preparación De Estándares.

i. Preparación de estándar de plomo de 10 mg /L: Se midió 100µL de la solución stock de plomo de 1000 mg/L. Se transfirió cuantitativamente a un balón volumétrico de 10 mL. Posteriormente, se diluyó y aforó con HNO₃ al 5% v/v, mezclando perfectamente, y se almacenó en refrigeración hasta su empleo.

ii. Preparación de estándar de plomo de 100 µg/L: Se midió 100µL de la solución estándar de plomo de 10 mg/L. Se transfirió cuantitativamente a un balón volumétrico de 10 mL. Posteriormente, se diluyó y aforó con HNO₃ al 5% v/v, mezclando perfectamente, y se almacenó en refrigeración hasta su empleo.

iii. Preparación de estándar de plomo de 20 µg/L: Se midió 2 mL de la solución estándar de plomo de 100 µg/L. Se transfirió cuantitativamente a un balón volumétrico de 10 mL. Posteriormente, se diluyó y aforó con HNO₃ al 5% v/v, mezclando perfectamente, y se almacenó en refrigeración hasta su empleo.

iv. Preparación de estándar de plomo de 15 $\mu\text{g/L}$: Se midió 1.5 mL de la solución estándar de plomo de 100 $\mu\text{g/L}$. Se transfirió cuantitativamente a un balón volumétrico de 10 mL. Posteriormente, se diluyó y aforó con HNO_3 al 5% v/v, mezclando perfectamente, y se almacenó en refrigeración hasta su empleo.

v. Preparación de estándar de plomo de 10 $\mu\text{g/L}$: Se midió 1 mL de la solución estándar de plomo de 100 $\mu\text{g/L}$. Se transfirió cuantitativamente a un balón volumétrico de 10 mL. Posteriormente, se diluyó y aforó con HNO_3 al 5% v/v, mezclando perfectamente, y se almacenó en refrigeración hasta su empleo.

vi. Preparación de estándar de plomo de 5 $\mu\text{g/L}$: Se midió 0.5 mL de la solución estándar de plomo de 100 $\mu\text{g/L}$. Se transfirió cuantitativamente a un balón volumétrico de 10 mL. Posteriormente, se diluyó y aforó con HNO_3 al 5% v/v, mezclando perfectamente, y se almacenó en refrigeración hasta su empleo.

vii. Preparación de estándares de plomo de 2 $\mu\text{g/L}$: Se midió 0.2 mL de la solución estándar de plomo de 100 $\mu\text{g/L}$. Se transfirió cuantitativamente a un balón volumétrico de 10 mL. Posteriormente, se diluyó y aforó con HNO_3 al 5% v/v, mezclando perfectamente, y se almacenó en refrigeración hasta su empleo.

g) Cuantificación de Plomo. Las muestras digeridas fueron trasladadas al equipo junto con los estándares de 2, 5, 10, 15 y 20 $\mu\text{g/L}$ para su lectura (Anexo 6). La medición de plomo se realizó utilizando un espectrómetro de absorción atómica Perkin-Elmer modelo PinAAcle 900T, equipado con doble haz y corrección de fondo Zeeman. Se emplearon lámparas de descargas sin electrodos EDL específicas para Pb en longitud de onda de 283.3 nm.

h) Registro de datos. Los resultados de los análisis se registraron en una base de datos, incluyendo las concentraciones de plomo calculadas a partir de la curva de calibración. Se

mantuvo un registro detallado en el formato que se presenta en el Anexo 3 (Formato de hoja de resultados).

6. Plan de análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente para determinar la media, la desviación estándar y el rango de las concentraciones de plomo en las muestras de corteza de canela.

Se calcularon las concentraciones de plomo a través de la curva de calibración generada con los estándares conocidos de concentraciones de plomo y se realizó una comparación de las concentraciones encontradas.

Se elaboró gráficas y tablas para visualizar los resultados y facilitar su interpretación.

VIII. RESULTADOS

Se realizó una curva de calibración con estándares de plomo a las concentraciones de 2 $\mu\text{g/L}$, 5 $\mu\text{g/L}$, 10 $\mu\text{g/L}$, 15 $\mu\text{g/L}$ y 20 $\mu\text{g/L}$. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1

Valores de concentración y absorbancia de los estándares de plomo para la curva de calibración

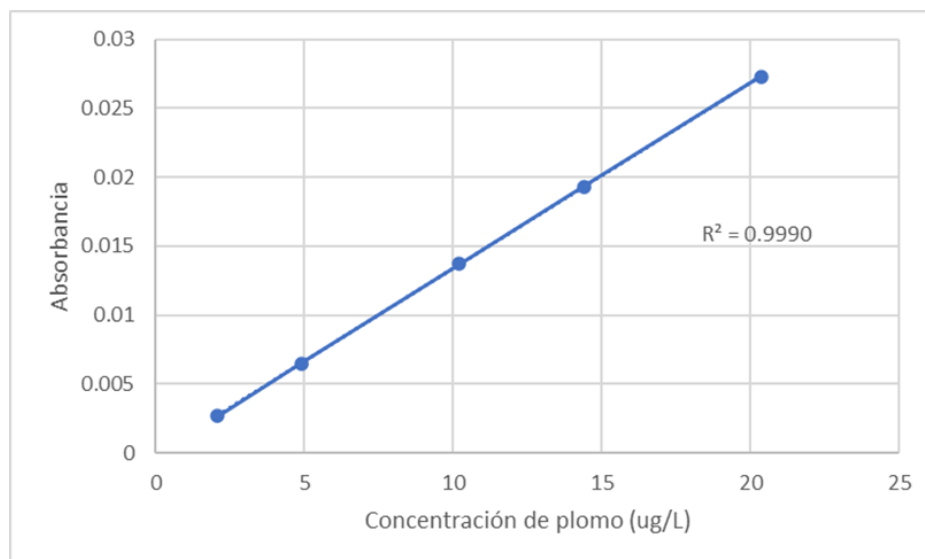
Estándar de plomo ($\mu\text{g/L}$)	Absorbancia	Concentración de Plomo ($\mu\text{g/L}$)
2	0.0027	2.072
5	0.0065	4.890
10	0.0137	10,217
15	0.0193	14.397
20	0.0273	20.364

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

La curva de calibración se realizó con los datos obtenidos y mediante regresión lineal como se ve en la Gráfica 1, la correlación es de 0.9990, por lo cual los datos son aceptables para el análisis de plomo en las muestras.

Gráfica 1

Curva de calibración de estándares de plomo



Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Para el proceso de secado de las muestras, se empleó una temperatura de 80°C durante 24 horas. Luego se realizó la digestión con ácido nítrico (HNO_3) al 65% y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30% en proporción 4:2 respectivamente, las condiciones utilizadas en esta etapa para el horno de microondas Speedwave Entry se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2

Condiciones utilizadas para el horno de microondas Speedwave Entry

Paso	Rampa (Ramp)	Tiempo total que se mantiene la temperatura	Temperatura que alcanzará
1	5 minutos	5 minutos	170 °C
2	1 minuto	10 minutos	75 °C

Nota: Rampa: Tiempo necesario para alcanzar la siguiente temperatura.

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

En la Tabla 3 se muestran las condiciones utilizadas para la cuantificación de plomo en el equipo Espectrofotometría de Absorción Atómica PinAAcle 900T Perkin Elmer

Tabla 3

Condiciones del horno de grafito en Espectrómetro de Absorción Atómica PinAAcle 900T Perkin Elmer

Condición	Descripción
Elemento	Pb (Plomo)
Longitud de onda (Lambda)	283.31 nm
Ancho de rendija (Slit width)	0.7 nm
Paso de lectura (read step)	4
Temperatura de inyección	110°C
Modificador	Paladio 0.2% + Nitrato de magnesio 0.06%
Volumen de infección de muestra	20 uL
Volumen de inyección de modificador	5uL

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

En la tabla 4 están las temperaturas programadas en las distintas etapas del proceso de cuantificación.

Tabla 4

Condiciones de temperatura programadas en el horno de grafito en Espectrómetro de Absorción Atómica PinAAcle 900T Perkin Elmer

Paso	Descripción	Temp ^a (°C)	Rampa ^b (s) ^c	Tiempo de mantenimiento (S)	Flujo interno (mL/min)	Tipo de Gas
1	Secado	100	1	30	250	Argón
2	Secado	130	15	30	250	Argón
3	Calcinación	850	10	20	250	Argón
4	Atomización	1600	0	3	0	Argón
5	Limpieza	2450	1	3	250	Argón

^a Temp: Temperatura

^b Rampa: Tiempo necesario para alcanzar la siguiente temperatura.

^c s= Segundos

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Los niveles de plomo en las muestras obtenidas en los supermercados de la Ciudad de Guatemala se muestran en la Tabla 5. El rango de las concentraciones halladas estuvo entre 0,19-2,62 ppm. El nivel más alto se detectó en la muestra 4 (2.62 ppm).

Tabla 5

Concentraciones de plomo (Pb) en muestras de corteza de canela empacada que se comercializa en los supermercados en la Ciudad de Guatemala.

No. Muestra	Código	Peso neto (g)	Niveles de plomo detectados (µg/L)	Partes por millón (ppm) en mg/kg^a	Dictamen
1	1Bd5	1.0024	88.64	0.88	Cumple
2	2Bd2	1.0025	91.29	0.91	Cumple
3	3Jn11	1.0053	137.20	1.37	Cumple
4	4Jn3	1.0023	262.80	2.62	No cumple
5	5Ma11	1.0080	113.30	1.13	Cumple
6	6Ma1	1.0077	137.40	1.37	Cumple
7	7DLP8	1.0037	44.14	0.44	Cumple
8	8DLP8	1.0075	177.50	1.77	Cumple
9	9Sa1	1.0117	97.07	0.97	Cumple
10	10Sa16	1.0054	87.70	0.87	Cumple
11	11Ms10	1.0174	19.14	0.19	Cumple
12	12Ms10	1.0112	37.50	0.37	Cumple
13	13SB1	1.0072	70.04	0.70	Cumple
14	14SB1	1.0004	126.30	1.26	Cumple
15	15RS13	1.0119	28.49	0.28	Cumple
16	16RS13	1.0026	107.70	1.07	Cumple
17	17QF8	1.0071	22.46	0.22	Cumple
18	18QF8	1.0030	71.14	0.71	Cumple
19	19FE12	1.0040	164.80	1.64	Cumple

20	20FE12	1.0120	50.43	0.50	Cumple
21	21Su9	1.0090	211.00	2.11	No Cumple
22	22Su9	1.0050	143.50	1.43	Cumple
23	23Co1	1.0048	150.50	1.50	Cumple
24	24Co1	1.0016	99.92	0.99	Cumple
25	25EN11	1.0071	121.70	1.21	Cumple
26	26EN12	1.0192	50.45	0.50	Cumple
27	27Da14	1.0028	31.14	0.31	Cumple
28	28Da14	1.0020	45.22	0.45	Cumple
29	29CLD1	1.0035	130.60	1.30	Cumple
30	30CLD1	1.0014	72.17	0.72	Cumple

^a Ver cálculo en Anexo 7

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

En la Tabla 6 se muestra los parámetros estadísticos de todas las muestras.

Tabla 6

Parámetros estadísticos de las muestras analizadas

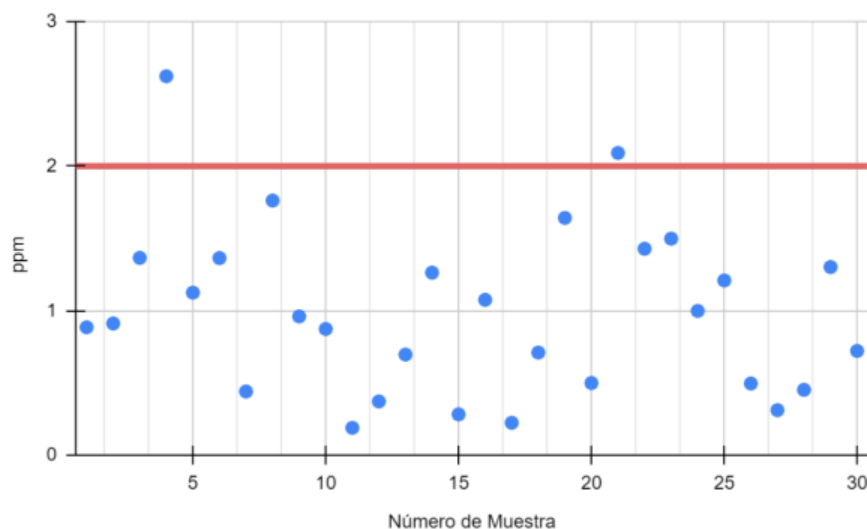
Parámetro	Niveles de plomo detectados (µg/L)	Partes por millón (ppm) en mg/kg
Media	99.71	0.99
Desviación estándar	58.37	0.58
Especificación	Cumple	No cumple
Menor a 2 ppm	93.33% (27)	6.67% (2)

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

En la Gráfica 2 se observa una comparación con el límite que establece la Asociación Estadounidense de Comercio de Especies el cual exige no más de 2 partes por millón (ppm) de plomo en la corteza de canela.

Gráfica 2

Comparación de las concentraciones de plomo con el límite permitido por la Asociación Estadounidense de Comercio de Especies.

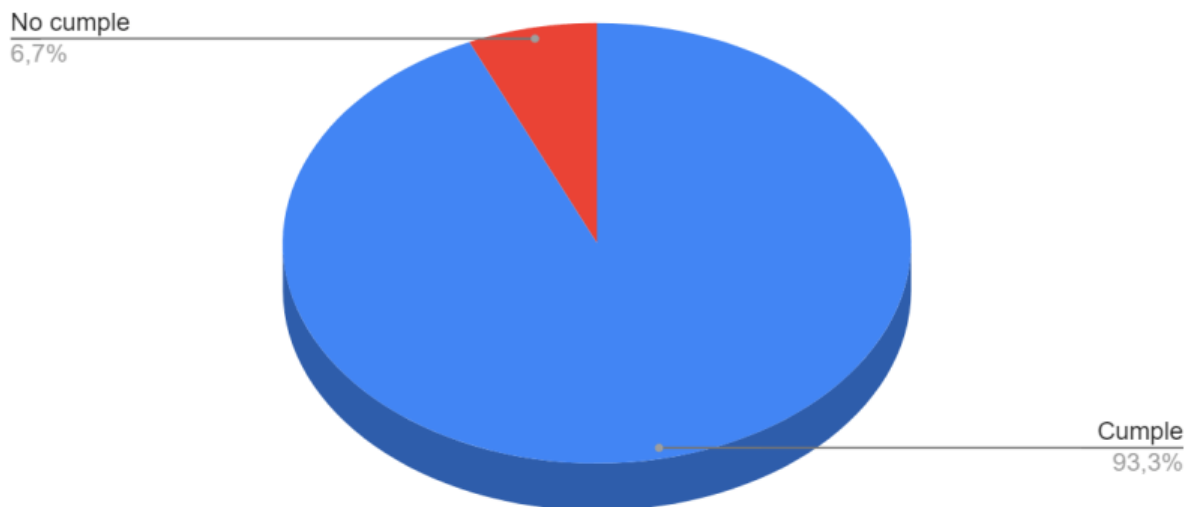


Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

En la Gráfica 3 se observa el porcentaje de cumplimiento de las muestras.

Gráfica 3

Porcentaje de cumplimiento de las muestras de corteza de canela colectadas en los supermercados de la Ciudad de Guatemala.



Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

En la Tabla 7 se muestran los resultados según la procedencia de las muestras de canela que se analizaron durante el estudio comparando los niveles de plomo.

Tabla 7

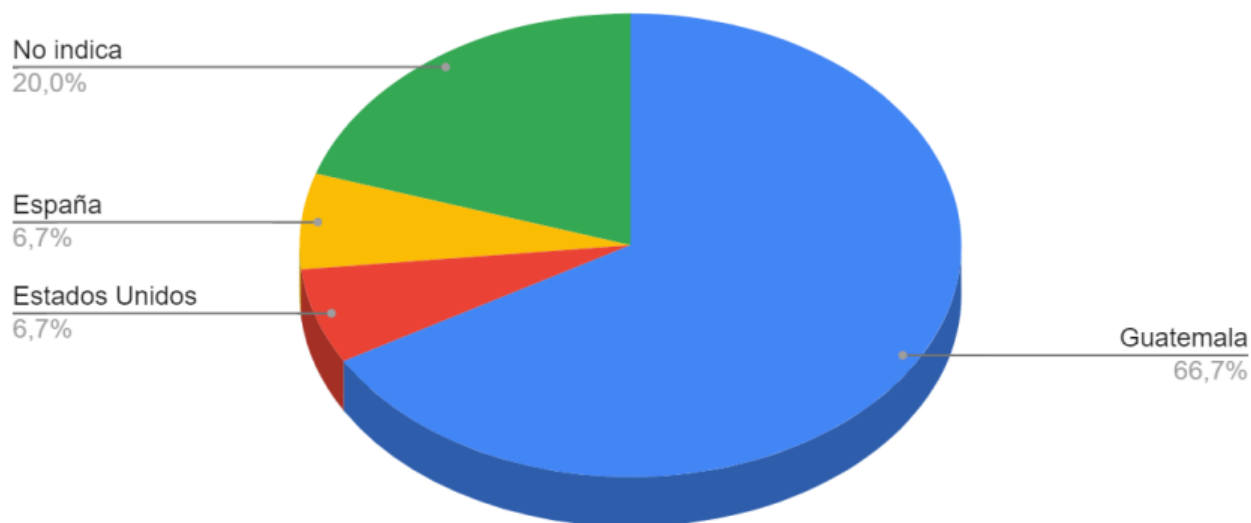
Procedencia de las muestras de corteza de canela analizadas

Procedencia	Cantidad de muestras (porcentaje)	Muestras que no cumplieron con el límite de plomo
Guatemala	20 (66.7%)	2 (10%)
Estados Unidos	2 (6.7%)	0 (0%)
España	2 (6.7%)	0 (0%)
No indica	6 (20%)	0 (0%)

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC

Gráfica 4

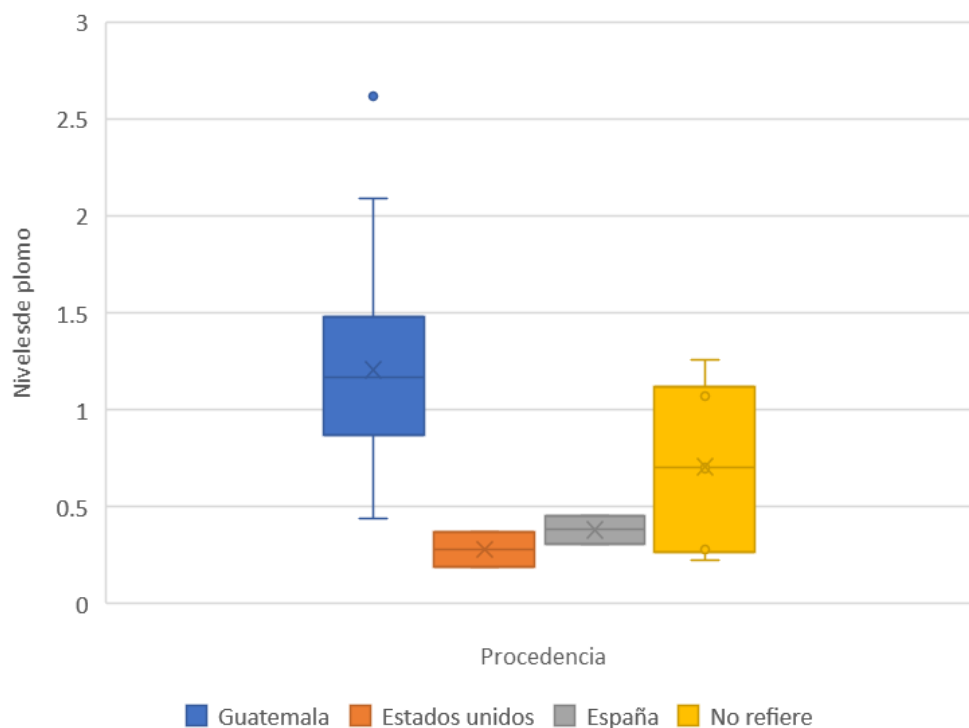
Procedencia de las muestras de corteza de canela colectadas en la Ciudad de Guatemala



Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Gráfica 5

Niveles de plomo en las muestras de corteza de canela colectadas en la Ciudad de Guatemala según la procedencia de la muestra



Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla 8

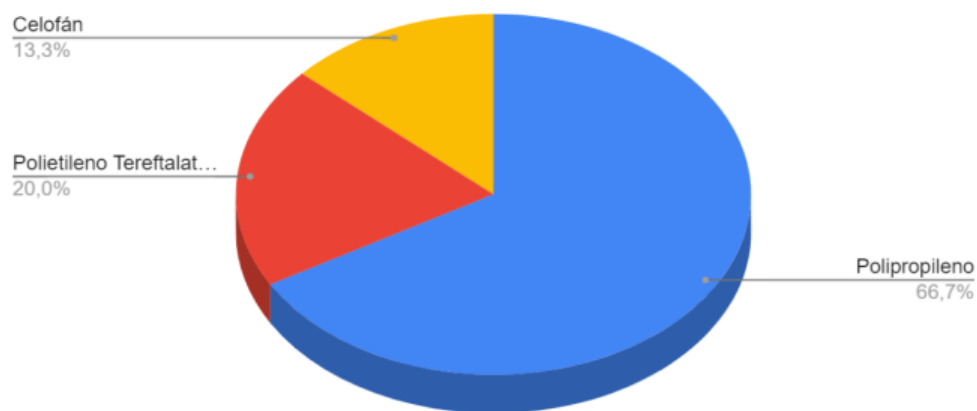
Material de empaque primario de las muestras de corteza de canela analizadas

Material de empaque	Cantidad de muestras	Muestras que no cumplieron con el límite de plomo
Polipropileno	20 (66.7%)	2 (10%)
Polietileno Tereftalato (PET)	6 (20%)	0 (0%)
Celofán	4 (13.3%)	0 (0%)

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Gráfica 6

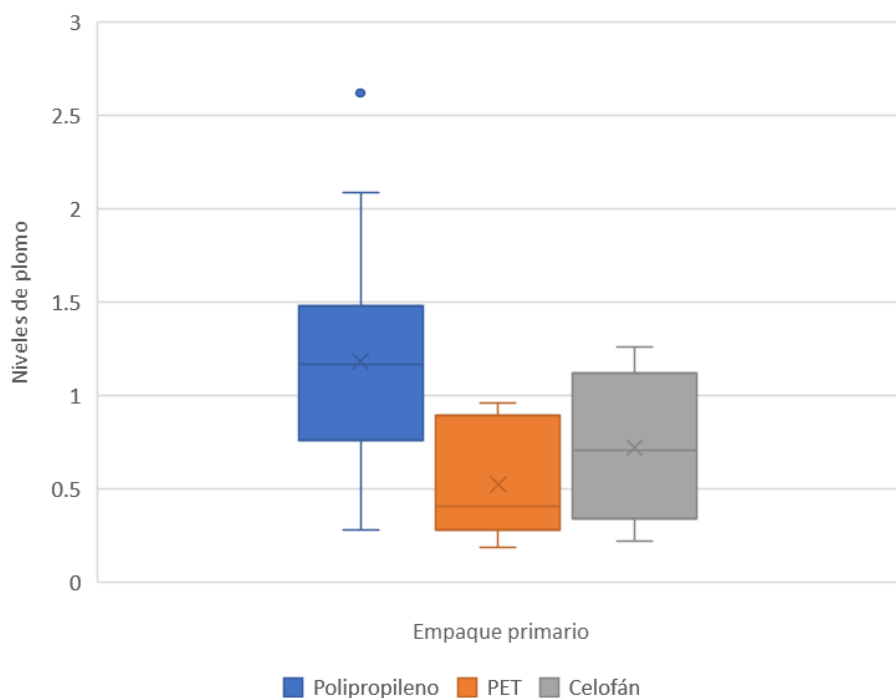
Material del empaque primario de las muestras de corteza de canela colectadas en la Ciudad de Guatemala.



Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Gráfica 7

Niveles de plomo en las muestras de corteza de canela colectadas en la Ciudad de Guatemala según el empaque primario



Fuente: Datos experimentales obtenidos en el laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

IX. DISCUSIÓN

Para el análisis de plomo en diferentes muestras de canela, primero se realizó una curva de calibración con distintas concentraciones de plomo. Se prepararon soluciones de 2 µg/L, 5 µg/L, 10 µg/L, 15 µg/L y 20 µg/L. En la Tabla 1 se pueden observar las absorbancias y concentraciones para los estándares preparados, el coeficiente de correlación fue de 0.9990 indicando una buena correlación ya que es un valor arriba del criterio de aceptación de 0.995 (Miller y Miller, 2002) dado a que es una relación lineal, este coeficiente representa la relación entre las 2 variables estudiadas siendo la absorbancia y la concentración de plomo (Universidad Abierta y a Distancia de México, 2019). De igual manera se observa esta relación lineal en la Gráfica 1.

Como parte de la técnica analítica propuesta en la metodología para los parámetros en el horno de microondas SpeedWave Entry se utilizaron 2 pasos con temperaturas diferentes. En otros estudios se utilizaban hasta 5 pasos con temperaturas elevadas (Soylak et al., 2004), como se ve en el Anexo 8, pero al utilizar estos mismos parámetros no se logró una adecuada digestión con las muestras, por lo cual se optó por un método de digestión como se indica en la Tabla 2, en condiciones para alimentos bajos en grasa, tales condiciones están dadas por defecto en el equipo empleado para la digestión.

Para la cuantificación de plomo en las muestras de corteza de canela se utilizaron las condiciones indicadas en la tabla 3 del horno de grafito en el espectrómetro de absorción atómica PinAAcle 900T Perkin Elmer.

Una parte importante de las condiciones es el uso del modificador de matriz, para el que se utilizó paladio y magnesio; se utilizaron 2 mL y 0.6 mL respectivamente. Los modificadores químicos ayudan a minimizar el proceso de re-adsorción del vapor atómico y la interacción del analito con la superficie, por lo tanto, se aumenta la eficiencia de la atomización, siendo la

combinación de paladio y magnesio la recomendada en la literatura para el análisis de plomo (Sánchez y Rojas, 2011). Además, en la Tabla 4 se indican las condiciones de temperatura en las distintas etapas del análisis de cuantificación de plomo en las muestras. Los parámetros del equipo se mantuvieron en los valores habituales utilizados en la detección de plomo. Estos ajustes resultaron adecuados tanto para el análisis de las soluciones estándar como para las muestras reales de canela, sin requerir modificaciones adicionales.

Cabe aclarar que a la muestra 20FE12 se le tuvo que realizar una dilución 3/10, debido a que los valores obtenidos estaban fuera de la curva de calibración. Por lo tanto, se diluyó para confirmar dicha lectura, donde se confirmó la presencia de plomo como se observa en la tabla 5.

En las tablas 5 y 6 se observan las concentraciones obtenidas y los parámetros estadísticos para las muestras de canela empaquetada recolectadas en establecimientos comerciales en la Ciudad de Guatemala según el Anexo 2. De las 30 muestras ensayadas, en todas se detectó la presencia de plomo, el promedio fue de 0,99 ppm con una desviación estándar de 0,58 ppm. De las 30 muestras analizadas, 28 presentaron niveles por debajo del límite establecido por la Asociación Estadounidense de Comercio de Especies donde se exige no más de 2 ppm (Lovelace, 2024).

Como se observa en la Gráfica 2, las muestras 4Jn3 y 21Su9 mostraron niveles levemente por arriba del límite establecido, 2,62 y 2,09 respectivamente. La Gráfica 3 muestra el porcentaje de las muestras que cumplieron con el límite previamente mencionado siendo un 93,33% y solo un 6,77% no lo cumplió. Aun así, la detección de plomo en canela puede acarrear problemas a mediano y largo plazo para la salud humana, ya que la misma es un ingrediente común en distintos platillos del país, por lo que, su consumo habitual puede ocasionar su acumulación en el organismo. (Ñaccha y Aguilar, 2015).

Comparando los datos encontrados con respecto a otros estudios, hay coincidencia con el estudio de India realizado por Goswami y Mazamdar en el 2014, en el que encontraron niveles de plomo en canela con un promedio de 0.961 $\mu\text{g/g}$ (0.961 ppm) y con el de Krejpcio y colaboradores en 2007 en Polonia, que encontró valores de plomo fuera de límite en el 25% de las muestras analizadas, con un rango entre 0.17-5.43 mg/kg (ppm). Este estudio no coincide con el realizado por Al-Edd y colaboradores en el 2005 en Arabia Saudita que reportó niveles no detectados de plomo en canela.

En la Tabla 7 y Gráfica 4, se muestra la procedencia de las muestras evaluadas. De acuerdo a la información de los empaques primarios de las mismas, se encontró que el 66.7% de las muestras son de origen guatemalteco, y dos de ellas son las que no cumplen con los niveles de plomo. El 6.7% son de origen estadounidense; 6.7% de origen español y 20% no indican esta información, sin embargo todas ellas cumplen con los niveles de plomo establecidos.

En la Gráfica 5 se observa mejor lo indicado anteriormente, denotando las muestras de origen guatemalteco presentaron valores más variados e incluso uno que se sale de la gráfica de caja.

En este estudio también se observó el material utilizado para el empaque primario de las muestras, como se describe en la Tabla 8 y Gráfica 6, y, aunque no hay referencias a nivel internacional sobre empaques y plomo, se encontró que el más común usado en las muestras comercializadas en Guatemala, es el polipropileno con un 66.7%, seguido del polietileno tereftalato (PET) con 20% y celofán con 13.3%.

En la Tabla 8 también se observa que dentro del grupo de las muestras que tienen empaque primario de polipropileno, están las que no cumplieron con el límite de plomo y en la Gráfica 7 se observa que las muestras empacadas en polipropileno, muestran valores por encima comparados con las demás.

Las 2 muestras que no cumplieron con los niveles de plomo comparten la procedencia y el empaque primario. Cabe mencionar que recientes investigaciones sobre la migración de compuestos químicos del envase hacia los alimentos han encontrado niveles detectables de plomo en este material utilizado para embalaje de alimentos, debido a que las características propias del polipropileno necesitan de más aditivos para su proceso, aunque aún se encuentra en estudio la migración real de estos compuestos hacia los alimentos (Petrulionienė et al., 2023).

La contaminación por plomo se debe a varios factores, entre estos se puede mencionar el agua y el suelo por desechos industriales, minero o residuos de fertilizantes, así mismo se ha visto que las tierras de cultivo presentan mayor concentración de plomo cuando están cerca de vías donde se dé congestionamiento vehicular. También la propia industria puede incorporar el plomo durante las etapas previas a su comercialización (Salas-Marcial, 2019).

Recientemente la FDA ha encontrado niveles altos de plomo en productos que contienen canela en Ecuador. La hipótesis principal de estos altos niveles según la misma organización se debe al uso de cromato de plomo para aumentar el peso y realzar el color en especias como la canela. Esta práctica se realiza para aumentar el valor monetario de estas especias (FDA, 2024).

Por lo tanto, es importante un control de los niveles de plomo en la canela para identificar si esta especia está siendo adulterada o identificar alguna otra causa de la contaminación. Además, se hace necesario informar sobre las buenas prácticas agrícolas y de almacenamiento a los agricultores para disminuir la contaminación en canela e identificar los factores de riesgo de estos cultivos y se disminuya el riesgo de la intoxicación por plomo en los consumidores de la corteza de canela.

X. CONCLUSIONES

- Se determinó la presencia de plomo en las muestras analizadas en corteza de canela comercializadas en la Ciudad de Guatemala, estas presentaron niveles de plomo detectable por la metodología aplicada siendo el promedio de 0,99 ppm y una desviación estándar de 0,58 ppm.
- Se compararon las 30 muestras analizadas, 2 de ellas (6,67%), no cumplieron con el límite aceptable de plomo en canela (2 ppm), dado por la Asociación Estadounidense de Comercio de Especias.
- Se propone en este estudio, una técnica analítica para la cuantificación de plomo en corteza de canela, por medio de digestión ácida en microondas y condiciones programadas en horno de grafito, usando como modificador de matriz, paladio y magnesio.

XI. RECOMENDACIONES

- Determinar los niveles de concentración de otros metales pesados como cadmio, arsénico o mercurio en muestras de corteza de canela de Guatemala, ya que en otros países también se les ha encontrado como contaminantes.
- Monitorear por medio del sistema de salud, los niveles de metales pesados en las especias que se comercialicen.
- Analizar con base en este estudio y su metodología los niveles de plomo en muestras de canela en polvo y en otros productos como alimentos preparados.

XII. REFERENCIAS

- Abdulla, M. (2020). Lead. *Essential and Toxic Trace Elements and Vitamins in Human Health [Plomo. Oligoelementos y vitaminas esenciales y tóxicos en la salud humana]* (pp. 181–191). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805378-2.00014-0>
- Acharya, S. (2013). Lead between the lines [plomo entre líneas]. *Nature Chemistry*, 5(10), 894–894. <https://doi.org/10.1038/nchem.1761>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2023). *Resúmenes de Salud Pública - Plomo (Lead)*. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html
- Al-Eed, M.A., Assubaie, F.N., El-Garawany, M., El-Hamshary, H., & Eltayeb, Z.E. (2005). Determination of Heavy Metal levels in Common Spices [Determinación de los niveles de metales pesados en especias comunes]. *Environmental Science*, 420, 1-12.
- Alizadeh Behbahani, B., Falah, F., Lavi Arab, F., Vasiee, M., Tabatabaee Yazdi, F. (2020). Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial, and Antiproliferative Activities of *Cinnamomum zeylanicum* Bark Essential Oil [Composición química y actividades antioxidantes, antimicrobianas y antiproliferativas del aceite esencial de corteza de *Cinnamomum zeylanicum*]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1–8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32419807/>
- Cangelosi, V., Ruckthong, L., y Pecoraro, V. L. (2017). *Lead(II) Binding in Natural and Artificial Proteins. Lead: Its Effects on Environment and Health [Unión de plomo (II) en proteínas naturales y artificiales. Plomo: sus efectos sobre el medio ambiente y la salud]* (pp. 271-318). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110434330-010>

- Chandula A., Samarasinghe, K., Krishantha, H., Chathuranga Bamunuarachchige, T., y Yashasvi, V. (2021). *Cinnamomum zeylanicum*: Morphology, Antioxidant Properties and Bioactive Compounds [Cinnamomum zeylanicum: Morfología, Propiedades Antioxidantes y Compuestos Bioactivos]. *IntechOpen*. <https://www.intechopen.com/chapters/76481>
- Chavarría E. (2020) *Determinación de la presencia de plomo en la miel producida por abejas (Apis mellifera) en la región sur occidente de la República de Guatemala*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional Usac.
- Constable, K. (28 de ebehi de 2024). *Is Food Fraud to Blame for the Cinnamon-apple Recall [¿Es el fraude alimentario el culpable del retiro del mercado de manzana y canela?]*. foodfraudadvisors.com/facts-stories-news-advice/
- Córdoba Palacio, D. (2022). *Toxicología* (5ª ed.). El manual moderno
- Dillinger, K. (19 de diciembre de 2023) Investigación sobre compotas de manzana con canela contaminadas revela niveles de plomo más de 2.000 veces superiores a las normas propuestas, según la FDA. *CNN*. <https://cnnespanol.cnn.com/2023/12/19/investigacion-compotas-manzana-canela-contaminadas-plomo-fda-trax/>
- Ferreira, S. L. C., Bezerra, M. A., Santos, A. S., dos Santos, W. N. L., Novaes, C. G., de Oliveira, O. M. C., Oliveira, M. L., y Garcia, R. L. (2018). Atomic absorption spectrometry – A multi element technique [Espectrometría de absorción atómica: una técnica de múltiples elementos]. *Trends in Analytical Chemistry: TRAC*, 100, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.12.012>
- Food Drug and Administration. (16 de abril de 2024). *Investigación sobre los niveles elevados de plomo y cromo en las bolsas de puré de manzana y canela*. <https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/investigacion-sobre-los-niveles->

elevados-de-plomo-y-cromo-en-las-bolsas-de-pure-de-manzana-y-canela#:~:text=18%20de%20diciembre%20de%202023&text=Durante%20la%20inspecci%C3%B3n%20los%20investigadores,(ppm)%20y%202270%20ppm

García, M. (2010) *Determinación cuantitativa de cobre, arsénico, cadmio y plomo en rábano rojo (Raphanus sativus), que se cosecha en Planes de San Pedro Ojo de Agua, San Pedro Sacatepéquez Guatemala*. [Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional Usac.

Goswami, K. y Mazumdar, I. (2014). Lead Poisoning and Some Commonly used Spices: An Indian Scenario [Envenenamiento por plomo y algunas especies de uso común: Escenario en la India]. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(2), 433-435.

Guerra, L. (2018). *Evaluación de Plomo en Bolsas Filtrantes para Infusión de Manzanilla (Matricaria Chamomilla L.)*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala]. Repositorio UVG.

Holler, F. y Crouch, S. (2015). Skoog West Fundamentos de Química Analítica. CENGAGE Learning.

Hore, P., Alex-Oni, K., Sedlar, S., y Nagin, D. (2019). A Spoonful of Lead: A 10-Year Look at Spices as a Potential Source of Lead Exposure [Una cucharada de plomo: una mirada de 10 años a las especias como fuente potencial de exposición al plomo]. *Journal of Public Health Management and Practice*, 25(1), S63-S70. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30507772/>

Instituto Biomed. (2020). *Metabolismo del Hemo* [Archivo PDF]. <https://www.institutobiomed.online/wp-content/uploads/2020/08/APUNTE-METABOLISMO-DEL-HEMO-CLIQUE-AQUI.pdf>

- Izrio Filho, H. J., Santos Salazar, R. F. dos, Rosa Capri, M. da, Capri, N., de Alcântara, M. A. K., y Castro Peixoto, A. L. de. (2012). State-of-the-art and trends in atomic absorption spectrometry [Estado del arte y tendencias en espectrometría de absorción atómica]. *InTech*. doi: 10.5772/26076
- Krejpcio, Z., Król. E., y Sionkowski, S. (2006). Evaluation of Heavy Metals Contents in Spices and Herbs Available on the Polish Market [Evaluación del contenido de metales pesados en especias y hierbas disponibles en el mercado polaco]. *Polish Journal of Environmental Studies*. 16, 97-100.
- Lovelace, B. (6 de marzo de 2024). FDA warns about lead contamination in more cinnamon products in the U.S. [La FDA advierte sobre la contaminación por plomo en más productos con canela en EE. UU.]. *NBC News*. <https://www.nbcnews.com/health/health-news/fda-warns-lead-cinnamon-products-stores-rcna142123>
- Marian, A. N., y Nkansah, C. A. (2010). Heavy metal content of some common spices available in markets in the Kumasi metropolis of Ghana [Contenido de metales pesados de algunas especias comunes disponibles en los mercados de la metrópolis de Kumasi en Ghana]. *American Journal of Scientific and Industrial Research*, 1(2), 158-163. doi.org/10.5251/AJSIR.2010.1.2.158.163
- Miller, J. y Miller, J. (2002). *Estadística y Quimiometría para Química Analítica* (4ª ed.). Pearson Educación.
- Morales, L. (2018). “*Estudio exploratorio de los niveles de metales pesados (As, Cd, Cr, Pb, Se) en el río Guastatoya, departamento de El Progreso*”. [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional Usac.

- Mukherjee, A. ; Ka, I. y Patra A. (2022). Lead toxicity in livestock and poultry: Illuminating the molecular pathomechanism, bioaccumulation and effective mitigation strategies [Toxicidad del plomo en ganado y aves de corral: esclareciendo el patomecanismo molecular, la bioacumulación y estrategias efectivas de mitigación]. *Indian Journal of Animal Health*, 61(2), 103-118. <https://doi.org/10.36062/ijah.2022.spl.02322>
- Ñaccha, J. y Aguilar, W. (2015). *Determinación Cuantitativa de Plomo, Cadmio, Arsénico en Hígado de Ganado Bovino Expendido en el Mercado Ciudad de Dios – San Juan de Miraflores, Durante el periodo Mayo – Agosto 2015*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio UIGV-Institucional.
- Petrulionienė, T., Murauskas, T., Norkus, M., & Naujalis, E. (2023). Emission of additives and degradation products from commercial polypropylene, polyethylene and their composite packages. *Chemija*, 34(2), 99-111. DOI: <https://doi.org/10.6001/chemija.2023.34.2.4>
- Pinetta, R. (1999). *Determinación Del Contenido de Plomo en Sales de Consumo Humano Comercializadas en Algunos Puntos de Venta de la Capital de Guatemala por Colorimetría y Espectrofotometría de Absorción Atómica*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional Usac
- Razmilic. B. (s.f). *Espectroscopia de Absorción Atómica*. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/3/ab482s/AB482S04.html>
- Salas-Marcial, C., Garduño-Ayala, M. A., Mendiola-Ortiz, P., Vences-García, J. H., Zetina-Román, V. C., Martínez-Ramírez, O. C., & Ramos-García, M. D. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 20(1), 1-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81359562002>

- Sánchez, M. A., & Rojas, D. M. (2011). Atomización electrotérmica de plomo en presencia de paladio y de la mezcla paladio+ magnesio. Efecto de la velocidad de calentamiento. *Ciencia*, 14(2).
- Shim, J., Cho, T., Leem, D., Cho, Y. y Lee, C. (2018). Heavy metals in spices commonly consumed in Republic of Korea [Metales pesados en especias comúnmente consumidas en la República de Corea]. *Food additives & contaminants: Part B, Surveillance*, 12(2), 1-7. <https://www.intechopen.com/chapters/26276>
- Soylak, M., Tuzen, M., Narin, I. y Sari. (2004) Comparison of microwave, dry and wet digestion procedures for the determination of trace meta contents in spice samples produced in Turkey [Comparación de los procedimientos de digestión por microondas, seco y húmedo para la determinación de trazas de meta contenido en muestras de especias producidas en Turquía]. *Journal of Food and Drug Analysis*, 12(3), 254-258.
- Universidad Abierta y a Distancia de México. (2019). *Unidad 3: Correlación y Regresión Lineal simple* [Archivo PDF]. https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/TRONCO_COMUN/EBA/U3/descargables/EBA_U3_Contenidos.pdf
- Wani, A. L., Ara, A., y Usmani, J. A. (2015). Lead toxicity: a review [Toxicidad del plomo: una revision]. *Interdisciplinary toxicology*, 8(2), 55-64. <https://doi.org/10.1515/intox-2015-0009>

XIII. ANEXOS

Anexo 1. Marco Teórico

A. Historia del plomo

El plomo es uno de los primeros metales conocidos por el hombre. La historia del elemento 82 se remonta al 6400 a.C. C. del asentamiento neolítico de Çatalhöyük. El ogereth entre los judíos y el molibdo entre los antiguos griegos se conocía como "plomo" en el Antiguo Testamento. Ampliamente utilizado en la antigüedad, se cree que también se utilizó en los "jardines colgantes" de Babilonia como tela para retener la humedad. Su uso generalizado, por ejemplo, para tuberías de agua en todo el Imperio Romano, surgió porque este metal pesado flexible y maleable era popular y fácil de usar; Además, se pueden ajustar sus propiedades añadiéndolo a aleaciones con otros metales, como el cobre o el antimonio. Jugó un papel decisivo en la revolución industrial (Acharya,2013).

El símbolo del plomo Pb proviene del nombre latino Plumbum, que en realidad era referenciado de manera general a los metales blandos. El plomo y el estaño no se pudieron distinguir fácilmente hasta el siglo XVI, cuando el plomo se conocía como Plumbum Nigrum (plomo negro) y el estaño como Plumbum Candidum o Album (plomo brillante). El nombre de la raíz latina se ha utilizado en otros idiomas, por ejemplo, es "plomb" en francés, y en inglés a través de las palabras "plomero" y "plomería", ya que el plomo era un material popular para las tuberías debido a su alta resistencia a la corrosión (Acharya,2013).

El plomo es un elemento químico generalizado que no es esencial para la salud humana. Es un metal pesado que es más denso que la mayoría de los elementos comunes. Es blando y maleable con un punto de fusión relativamente bajo (Abdulla, 2020).

La forma metálica y sus óxidos pueden reaccionar tanto con ácidos como con bases, y por lo general forman enlaces covalentes. Los compuestos de plomo a menudo incluyen

compuestos con un estado de oxidación de +2 en lugar de un estado de oxidación de +4, típico de los miembros más ligeros del grupo del carbono. La excepción son los compuestos orgánicos de plomo. El propio metal puede formar anillos, cadenas y estructuras poliédricas (Abdulla, 2020).

El óxido de plomo recién formado puede reaccionar aún más con el dióxido de carbono para formar carbonato de plomo. El agua pura no reacciona con el plomo. La corrosión debida al oxígeno puede hacerlo menos soluble en agua y esto a menudo depende de la composición exacta del agua. Sin embargo, el agua blanda con un pH más bajo tendrá un impacto más fuerte en las tuberías de plomo. Por este motivo, el envenenamiento por plomo era muy común en el Imperio Romano (Abdulla, 2020).

B. Usos

El plomo se ha utilizado de muchas formas diferentes a lo largo de la historia. Las aleaciones de plomo son componentes comunes de tuberías, baterías, pesas, balas y municiones, revestimientos de cables y placas metálicas utilizadas para la protección radiológica. Otros usos incluyen pinturas, pigmentos, pastas, vidrio, esmaltes y cerámicas funcionales. El principal uso del plomo es en baterías de automóviles (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSD], 2023).

Actualmente, el uso de tuberías de plomo para el suministro de agua doméstica ha disminuido, siendo necesario sustituirlas por tuberías de cobre y PVC. Las aleaciones de estaño y plomo se utilizan ampliamente en la industria electrónica. Muchos de los usos antiguos de los metales en cerámica, pinturas y esmaltes han disminuido en las últimas décadas debido a las emisiones y la toxicidad de los metales al medio ambiente, especialmente a los niños (Abdulla, 2020).

La exposición humana al plomo ocurre principalmente a través de alimentos y bebidas, incluidos los alimentos almacenados en latas soldadas con plomo y cerámicas que contienen

plomo. La ingesta diaria actual en los países industrializados está en el rango de 8-282 µg, con una ingesta diaria promedio inferior a 100 µg (Abdulla, 2020).

C. Efectos a la salud

Las especies reactivas de oxígeno (ROS) incluyen iones de oxígeno, radicales libres y peróxidos (inorgánicos y orgánicos). Son moléculas muy reactivas debido a la presencia de capas de electrones de valencia desapareadas. Estas surgen como subproductos del metabolismo normal del oxígeno y desempeñan funciones importantes en la señalización celular (Cangelosi et al 2017).

Tras la exposición al plomo, dos mecanismos diferentes operan simultáneamente en el entorno celular, a saber, la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y el agotamiento de las reservas de antioxidantes. Las ROS generadas debido al estrés oxidativo son eliminadas por el mecanismo de defensa antioxidante del cuerpo (Mukherjee et al., 2022).

El glutatión es una molécula antioxidante tripéptido con un grupo sulfhidrilo, importante para proteger a las células de las ROS. El glutatión reducido (GSH) puede donar electrones y así reducir los enlaces disulfuro formados en las proteínas cisteína citoplasmáticas. El GSH desintoxica las ROS donando su equivalente reductor ($H e^-$) de los grupos tiol a los residuos de cisteína (Cangelosi et al 2017).

Bajo la acción de la glutatión peroxidasa (GPX), el glutatión se condensa con otra molécula de glutatión para formar disulfuro de glutatión (GSSG). El glutatión es regenerado por la enzima glutatión reductasa. El Pb tiene la capacidad de compartir electrones, lo que lleva a la formación de un enlace covalente entre el grupo sulfhidrilo de la enzima antioxidante y el residuo de Pb, provocando que la enzima antioxidante pierda actividad; También desactiva el glutatión uniéndose a su grupo sulfhidrilo. El Pb reduce los niveles de glutatión al inactivar enzimas como la glutatión reductasa, GPx y la glutatión-S-transferasa (Mukherjee et al., 2022).

El Pb también inactiva parcialmente otras enzimas antioxidantes, como la superóxido dismutasa y la catalasa. Esto conduce a una disminución en la capacidad de eliminar los radicales superóxido (O_2^-). El plomo también elimina iones de zinc (un cofactor importante de las enzimas antioxidantes), provocando así una pérdida de actividad (Mukherjee et al., 2022).

Este metal también reemplaza cationes divalentes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} y cationes monovalentes como Na^+ . Como resultado, se ven afectados varios procesos biológicos, como la adhesión celular, el plegamiento y la maduración de proteínas, las cascadas de eventos de señalización celular, la apoptosis, el transporte de iones, la regulación enzimática y la neurotransmisión (Mukherjee et al., 2022). El plomo puede atravesar la barrera hematoencefálica y acumularse en los astrocitos causando deterioro de la mielinización por lo que pueden provocar enfermedades neurodegenerativas. La sustitución de Pb por Ca^{2+} provoca cambios en la neurotransmisión (Mukherjee et al., 2022).

El objetivo más común del plomo en animales y plantas es la ácido δ -aminolevulínico deshidratasa (ALAD) o porfobilinógeno sintasa. La inactivación de ALAD conduce a un aumento en la concentración de su sustrato, el ácido aminoacetylpropiónico (δ -ALA). (Instituto Biomed, 2020) Las concentraciones más altas de δ -ALA en el entorno celular conducen a la formación de radicales libres como el anión superóxido (Mukherjee et al., 2022).

El ácido 4,5-dioxopentanoico, el producto final de la oxidación del δ -ALA, es un factor alquilante que puede modificar la guanina y causar daño al ADN. Debido a su similitud estructural con el ácido gamma-aminobutírico (GABA), el δ -ALA puede unirse a los receptores GABA en el sistema nervioso y promover su degradación oxidativa, lo que puede explicar parcialmente los efectos neurotóxicos del plomo (Mukherjee et al., 2022).

El Plomo afecta la actividad de la proteína segundo mensajero calmodulina (CaM). Dependiendo de la concentración de calcio intracelular, la CaM puede interactuar con cientos de

proteínas y regular diversos procesos biológicos (Instituto Biomed, 2020). Sin embargo, en concentraciones más altas, Pb^{2+} se une a la región conectora del dominio CaM, desplazando al Ca^{2+} . Como resultado, la estructura de CaM está distorsionada y los iones Pb^{2+} también se unen con alta afinidad a la osteocalcina, una proteína que participa en el proceso de mineralización y reabsorción del tejido óseo. Los cambios en la cinética de la mineralización ósea causan anomalías en el desarrollo osteogénico (Mukherjee et al., 2022).

Debido a su afinidad por los grupos tiol, Pb^{2+} puede competir eficazmente con Zn^{2+} por los sitios de unión en el motivo de dedos de zinc ricos en cisteína. Algunos de los factores de transcripción en la red reguladora de genes son las proteínas Zing Finger. Reemplazar Zn^{2+} por Pb^{2+} interrumpe o altera su actividad transcripcional y la expresión genética correspondiente (Mukherjee et al., 2022).

Como metal tóxico, el plomo afecta a varios sistemas de órganos del cuerpo. A menudo se ven afectados los sistemas: nervioso, hematopoyético, cardiovascular, central y periférico a menudo se ven afectados. Se ha observado anemia y aumento de la presión arterial en sujetos que han experimentado exposición ocupacional al plomo. También se ha descubierto que afecta a los riñones, el hígado y el sistema reproductivo. También puede afectar el metabolismo mineral en el hueso (Abdulla, 2020).

Los bebés y los niños corren mayor riesgo de envenenamiento por plomo, y la encefalopatía es común en niños con exposición aguda al plomo. Los problemas relacionados con la exposición al plomo en los seres humanos se han vuelto menos graves en las últimas décadas debido a la eliminación gradual de la gasolina con plomo y a una mejor vigilancia ambiental y ocupacional. La evitación de fuentes de exposición y la terapia de quelación son adecuadas para el manejo de la intoxicación por plomo (Abdulla, 2020).

1. Sintomatología

Después de la ingestión de plomo, las membranas mucosas se enrojecen y en altas concentraciones puede causar úlceras de estómago y síntomas de irritación gastrointestinal como náuseas, vómitos y diarrea. Pueden producirse vómitos debido a la formación de sulfuro de plomo o hemorragia gastrointestinal, y la diarrea puede ser de color negro (Córdoba, 2022).

La intoxicación aguda por plomo se caracteriza principalmente por vómitos y diarrea, mientras que la intoxicación crónica por plomo se caracteriza principalmente por estreñimiento y dolor abdominal causado por espasmos intestinales. El dolor abdominal, cólico devónico mejor conocido como cólico saturnino, es un síntoma de intoxicación crónica por plomo. Se enfatiza la importancia de distinguir esta enfermedad de otras enfermedades gástricas (Córdoba, 2022).

Además, los pacientes con intoxicación crónica por plomo pueden desarrollar una pigmentación gris llamada protuberancias de Burton en las encías o en la boca, causada por depósitos de sulfuro de plomo. Aunque no es específico, sugiere intoxicación y requiere un diagnóstico diferencial adecuado. Los pacientes crónicos también pueden experimentar un "sabor dulce o metálico" cuando el metal pasa a través de las glándulas salivales (Córdoba, 2022).

Varios estudios han demostrado que los niveles bajos de exposición ambiental al plomo se asocian con una progresión rápida de la enfermedad renal crónica, incluso cuando los niveles están por debajo de los límites normales. Los niveles elevados de plomo en sangre indican una rápida progresión de la enfermedad renal crónica. Los estudios sobre los riesgos laborales relacionados con el plomo han demostrado que los pacientes expuestos al plomo desarrollan disfunción tubular renal, lo que sugiere que la nefropatía por plomo puede representar un riesgo laboral importante (Wani et al, 2015).

Además, se ha informado de excreción de plomo en casos de intoxicación por plomo, lo que sugiere que puede ocurrir gota. La exposición prolongada al plomo se ha relacionado con la presión arterial alta y algunos estudios han encontrado una asociación con la muerte por enfermedad coronaria, cambios en la frecuencia cardíaca y accidente cerebrovascular, aunque la evidencia es limitada. La nefropatía crónica por plomo se manifiesta en la porción renal como atrofia focal moderada, pérdida del túbulo proximal y fibrosis intersticial (Wani et al, 2015).

En pacientes con enfermedad renal crónica que no padecen diabetes, la exposición al plomo ambiental puede acelerar la insuficiencia renal y se ha demostrado que la terapia de quelación repetida mejora la función renal y retarda la progresión de la insuficiencia renal (Wani et al, 2015).

D. Canela (*Cinnamomum zeylanicum*)

Cinnamomum zeylanicum, conocida como canela verdadera, tiene muchas variedades únicas que son útiles para distinguirla de otras especies de canela. Suele crecer en suelos arcillosos, lateríticos y de arena plateada y puede alcanzar hasta una altura de 12 m. Las características morfológicas ayudan a distinguir las variedades de *C. zeylanicum* de otras especies de canela basadas en rasgos foliares (Chandula et al., 2021).

Aunque la disposición de las venas profundas parece ser común en todas las especies de canela, el cambio en el color de las hojas de rojo a verde oscuro y el mayor tamaño ayudan a distinguir la *C. zeylanicum* de la *C. cassia*, *C. burmannii* y *C. tamala* (Chandula et al., 2021).

1. Composición química

Los aceites esenciales y sus componentes biológicamente activos poseen destacadas propiedades antioxidantes y antimicrobianas únicas. Por ello se utilizan ampliamente en la industria alimentaria, por ejemplo, para el envasado activo y la desinfección de superficies de carne y productos frescos (Alizadeh et al., 2020).

Estudios han identificado algunos componentes químicos, que le atribuyen efectos antioxidantes y la actividad antibacteriana del aceite esencial de *C. zeylanicum*. Algunos compuestos químicos que se encuentran en el aceite esencial de *C. zeylanicum*, son: el (E)-cinamaldehído (71.50%), el linalool (7.00%), el β -cariofileno (6.40%), el eucaliptol (5.40%) y el eugenol (4.60%) como los principales componentes. Otros componentes importantes fueron el p-cimeno (1.90%), el α -humuleno (1.70%), el δ -cadineno (1.40%), el α -pineno (1.30%) y el limoneno (1.20%). Algunos estudios han encontrado que el cinamaldehído es el principal compuesto químico del aceite esencial de la corteza de *C. zeylanicum* (Alizadeh et al., 2020).

2. La canela y el plomo

Existe riesgo de contaminación por plomo al procesar y transportar canela. La maquinaria y los vehículos de transporte utilizados en el proceso de producción y distribución pueden contener aleaciones, soldaduras o pinturas que contienen plomo que pueden contaminar el producto. Si la canela entra en contacto con dichas superficies, existe el riesgo de que el plomo se transfiera a la especia. Además, el polvo y la suciedad ambientales, que pueden contener partículas de plomo de diversas fuentes, como emisiones de vehículos, operaciones industriales o residuos de pintura a base de plomo, pueden depositarse en la superficie de la canela durante el proceso de cultivo, la cosecha o el procesamiento (Constable, 2024).

Cabe señalar que la contaminación accidental proveniente del contacto con el suelo, el agua o el contacto con pintura generalmente resulta en niveles bajos de contaminación. (García, 2010). Los niveles de plomo encontrados en muestras de canela analizadas por agencias reguladoras como la Administración de Alimentos y Drogas (FDA por sus siglas en inglés), fueron significativamente más altos, a menudo miles de veces más altos, de lo que se esperaría solo de una contaminación accidental (Constable, 2024).

3. Límites de plomo en Canela

La Agencia del Gobierno Federal de los Estados Unidos como encargada de proteger la salud pública garantiza, que se restrinja el uso de canela en alimentos, productos cosméticos y suplementos dietéticos debido a casos de intoxicación por plomo. La FDA encontró niveles de plomo que oscilaban entre 2 partes por millón y 4 partes por millón en la canela retirada del mercado (FDA, 2024).

El organismo internacional de normalización, la Comisión del Codex Alimentarius (Codex), está considerando para el año 2024, limitar el contenido de plomo en especias como la canela a 2.5 ppm. (FDA, 2024). De manera similar, la Asociación Estadounidense de Comercio de Especias, un grupo comercial de la industria, exige no más de 2 partes por millón de plomo en las especias de corteza como la canela (Lovelace, 2024).

E. Espectroscopía de Absorción Atómica (EAA)

1. Descripción

En la década 1970, se desarrollaron los primeros espectrómetros para análisis utilizando equipos de atomización de llama y horno. Estos dispositivos, innovadores para su época, sentaron las bases para la próxima evolución de la técnica. A principios del siglo XXI, se lanzó comercialmente un espectrómetro equipado con un software avanzado que permitía una selección rápida de las lámparas de cátodo hueco. Este equipo, operando en modo secuencial, permitía la determinación de hasta 16 elementos y recibió elogios por su desempeño en muchas publicaciones (Ferreira et al., 2018).

2. Fundamento

La absorción atómica se basa en el comportamiento de los átomos que absorben energía en su transición entre estados energéticos. Cuando un átomo en estado fundamental absorbe energía, entra en un estado excitado temporalmente. Sin embargo, este estado es inestable y el

átomo vuelve a su estado inicial, liberando energía en forma de radiación electromagnética de una frecuencia específica (Razmilic, s.f).

La radiación emitida corresponde a la diferencia de energía entre el estado excitado y el estado fundamental del átomo, según la ecuación de Planck. En absorción atómica, se mide la absorción de esta radiación por parte de átomos en su estado fundamental. Según la Ley de Lambert-Beer, la cantidad de radiación absorbida está directamente relacionada con la concentración de átomos absorbentes. Debido a que la radiación sigue una trayectoria constante y el coeficiente de absorción es único para cada elemento, la absorbancia es proporcional a la concentración de los átomos presentes, lo que permite determinar la concentración de un elemento específico en una muestra mediante espectroscopia de absorción atómica (Razmilic, s.f).

3. Aplicaciones

La espectrometría de absorción atómica (AAS) se utiliza ampliamente para el análisis cuantitativo y cualitativo de elementos en una variedad de tipos de muestras, incluidas soluciones acuosas, metales, medicamentos, alimentos, muestras ambientales y materiales biológicos. Funciona midiendo la absorción de energía electromagnética generalmente en la región ultravioleta o visible, a medida que pasa a través de la nube atómica del analito en la muestra. Mediante cálculos matemáticos, la energía absorbida se correlaciona con la concentración del elemento en la muestra, lo que permite una determinación precisa (Izrio et al., 2012).

AAS es apreciado por su fiabilidad comprobada, análisis rápido y rentabilidad, lo que lo convierte en un elemento básico en los laboratorios de investigación y el control de calidad industrial en todo el mundo. Es capaz de detectar más de 60 elementos químicos en un amplio espectro de matrices de muestras. Para cumplir con los requisitos específicos de diferentes muestras, se utilizan varios métodos de atomización, como atomización por llama, generación

de hidruros, vapor frío y atomización termoeléctrica (incluido el horno de grafito). Si bien esta descripción general proporciona una comprensión fundamental de los principios y aplicaciones de los AAS, en la literatura especializada se encuentran disponibles debates en profundidad sobre los componentes mecánicos, electrónicos y de software (Izrio et al., 2012).

Anexo 2. Hoja de resultados

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: **Kevyn Francisco Sánchez**

HOJA DE RESULTADOS DE NIVELES DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA

No Muestra	Fecha de recolección	Código de muestra	Peso neto	Niveles de plomo	Resultado		Cumplimiento	
					PPM Pb	PPB Pb	Cumple	No Cumple
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Anexo 3. Boletas de registro de muestras

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: **Kevyn Francisco Sánchez**

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **1** Fecha: **26/05/24** Código de muestreo: **1Bd5** Zona: **5**

SUPERMERCADO DE ORIGEN							
La Torre	Despensa Familiar	Pricesmart	La Barata	Walmart	Paiz	Maxidespensa	Otro: _____
☒							

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre		Tamaño		Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
		☒			☒		☒		
								Traslucido	otro: _____
								☒	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS							
Color				Aroma			
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante
☒					☒		
							Humedad
							Otro: _____

MARCA DE SUPERMERCADO													
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT
								☒					
													Otra: _____
LOTE: 313832													

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.88	☒		☒	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de Procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **2** Fecha: **26/05/24** Código de muestreo: **2Bd2** Zona: **2**

SUPERMERCADO DE ORIGEN							
La Torre	Despensa Familiar	Pricesmart	La Barata	Walmart	Paiz	Maxidespensa	Otro: _____
☒							

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre			Tamaño		Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
		☒			☒			☒	
									Traslucido
									otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS							
Color					Aroma		
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante
☒					☒		Humedad
							Otro: _____

MARCA DE SUPERMERCADO													
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT
								☒					
													Otra: _____

LOTE: **313826**

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.91	☒		☒	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: **Guatemala**

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: Fecha: Código de muestreo: Zona:

SUPERMERCADO DE ORIGEN						
La Torre	Despensa Familiar	Pricesmart	La Barata	Walmart	Paiz	Maxidespensa
	☒					Otro: _____

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre			Tamaño		Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
		☒			☒			☒	☒
									Traslucido
									Otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS							
Color					Aroma		
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante
☒					☒		Humedad
							Otro: _____

MARCA DE SUPERMERCADO													
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT
		☒											
													Otra: _____

LOTE: 21032024

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.36	☒		☒	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de Procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: Fecha: Código de muestreo: Zona:

SUPERMERCADO DE ORIGEN						
La Torre	Despensa Familiar	Pricesmart	La Barata	Walmart	Paiz	Maxidespensa
	X					Otro: _____

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre			Tamaño		Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
		X			X		X		X
									Traslucido
									Otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS						
Color					Aroma	
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido
X					X	Picante
						Humedad
						Otro: _____

MARCA DE SUPERMERCADO													
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT
		X											
													Otra: _____

LOTE:

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
2.62	X			X

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: *Guatemala*

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: **Kevyn Francisco Sánchez**

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **6** Fecha: **26/05/24** Código de muestreo: **6Ma1** Zona: **1**

SUPERMERCADO DE ORIGEN							
La Torre	Despensa Familiar	Pricesmart	La Barata	Walmart	Paiz	Maxidespensa	Otro: Eono Super
							☒

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre			Tamaño		Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
		☒			☒			☒	
									Traslucido
									otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS							
Color					Aroma		
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Distintivo	Cálido	Picante
☒					☒		Humedad
							Otro: _____

MARCA DE SUPERMERCADO													
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT
	☒												
													Otra: _____

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.36	☒		☒	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **7** Fecha: **26/05/24** Código de muestreo: **7 DLP8** Zona: **8**

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	X
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro:	

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño			Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
		X		X				X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra:
			X												
											LOTE: 7DI P8				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.44	X		X	

**2.0 ppm permitidos según Asociación
Estadounidense de Comercio de Especias**

Observaciones:

País de Procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: **Kevyn Francisco Sánchez**

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **8** Fecha: **26/05/24** Código de muestreo: **8DLP8** Zona: **8**

SUPERMERCADO DE ORIGEN						
La Torre	Despensa Familiar	Pricesmart	La Barata	Walmart	Paiz	Maxidespensa
			X			
Otro: _____						

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre		Tamaño			Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
		X		X			X		
									Traslucido
									otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS							
Color					Aroma		
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante
X					X		
						Humedad	Otro: _____

MARCA DE SUPERMERCADO													
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT
			X										
													Otra: _____
LOTE: 8DLP8													

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.76	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de Procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: Fecha: Código de muestreo: Zona:

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	X
Otro: _____	

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño			Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
			X		X			X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO																
7	Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra:
												LOTE: 26881				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.9	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de Procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 10 Fecha: 26/05/24 Código de muestreo: 10591b Zona: 1b

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	X
Otro: _____	

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño			Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
			X		X			X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra:
7															
											LOTE: 20240				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.87	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de Procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: **Kevyn Francisco Sánchez**

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **41** Fecha: **03/06/24** Código de muestreo: **11MS10** Zona: **10**

SUPERMERCADO DE ORIGEN						
La Torre	Despensa Familiar	Pricesmart	La Barata	Walmart	Paiz	Maxidespensa
		X				
						Otro: _____

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre			Tamaño		Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
			X	X					X
									Traslucido
									otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS						
Color					Aroma	
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido
	X				X	Picante
						Humedad
						Otro: _____

MARCA DE SUPERMERCADO													
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT
							X						
													Otra: _____
LOTE: 314498													

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.19	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: Estados Unidos

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **12** Fecha: **03/06/24** Código de muestreo: **12 MS 10** Zona: **10**

SUPERMERCADO DE ORIGEN						
La Torre	Despensa Familiar	Pricesmart	La Barata	Walmart	Paiz	Maxidespensa
		X				Otro: _____

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre			Tamaño		Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
			X	X					X
									Traslucido
									otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS						
Color				Aroma		
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Disintintivo	Cálido	Picante
	X			X		
			Otro: _____		Humedad	Otro: _____

MARCA DE SUPERMERCADO													
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT
							X						
													Otra: _____

LOTE: **318306**

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.37	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: Estados Unidos

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **13** Fecha: **03/06/24** Código de muestreo: **13501** Zona: **1**

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <u>Super B</u>	

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño			Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Celofán	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	Otro: Rojo
				X			X				X

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: SB
															X
											LOTE: 060612002138 4300				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.7	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: NO refiere

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: Fecha: Código de muestreo: Zona:

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <u>Super B</u>	

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO									
Material				Cierre		Tamaño		Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Celofán	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande
			X	X			X		

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pt	LT	LC	Otra: SB
															X
											LOTE: 0 690 0400 0007 199 0				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.26	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: No refiere

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 15 Fecha: 03/06/24 Código de muestreo: 152513 Zona: 13

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Puerto del Sol</i>	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño		Color		
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
		X			X			X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
	X				X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: <i>PS</i>
															X
											LOTE: 400251				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.28	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: No refiere

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **16** Fecha: **03/06/24** Código de muestreo: **1625 13** Zona: **13**

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Puerta del Sol</i>	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material			Cierre		Tamaño		Color				
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
		X			X			X			

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
	X				X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: <i>PS</i>
															X
											LOTE: 400 404				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: NO refiere

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 17 Fecha: 03/06/24 Código de muestreo: 13068 Zona: 8

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Santo Fe</i>	

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO							
Material			Cierre	Tamaño			Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Sellado al vacío	Ziplock	Pequeño	Mediano	Traslucido
X		<i>celfofañ</i>	X	Sobres			otro:
						X	X

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: ☒
											LOTE: NR11024				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.22	X		X	

**2.0 ppm permitidos según Asociación
Estadounidense de Comercio de Especias**

Observaciones:

País de procedencia: NO refiere

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **18** Fecha: **03/06/24** Código de muestreo: **1806 1** Zona: **1**

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Santo Fe</i>	

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO							
Material			Cierre		Tamaño		Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	<i>celofán</i>	Sellado al vacío	Pequeño	Mediano	Grande
				Ziplock			Traslucido
				Sobres			otro: _____
			X	X			X
							X

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
☒					☒				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: ☒
											LOTE: NR2024				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.71	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: NO refiere

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 19 Fecha: 4/06/24 Código de muestreo: 19FF12 Zona: 12

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Discomer</i>	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material			Cierre		Tamaño		Color				
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
		X		X				X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: Fr
															X
											LOTE: APLICAR 0035183525				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.64	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 20 Fecha: 4/06/24 Código de muestreo: 205512 Zona: 12

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Disconer</i>	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño			Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
		X		X				X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: FL
															X
											LOTE: ADC PAF 0025189525				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.50	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 21 Fecha: 04/06/24 Código de muestreo: 21549 Zona: 9

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: Cinco Azul	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO										
Material				Cierre			Tamaño			Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido
		X		X				X		X
										otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: <i>su</i>
															X
											LOTE: 190424				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
2.09	X			X

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 22 Fecha: 04/06/24 Código de muestreo: 22549 Zona: 9

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: Cinco Azul	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño			Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
		X		X				X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: <i>su</i>
															X
											LOTE: 250224				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.43	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 23 Fecha: 04/06/24 Código de muestreo: 2301 Zona: 1

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Super Chapin</i>	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre		Tamaño		Color			
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
		X			X			X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
	X				X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: CO
															X
											LOTE: n2023				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.5	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: Fecha: Código de muestreo: Zona:

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Super Chapin</i>	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre		Tamaño		Color			
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
		X			X			X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
	X				X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: CO
															X
											LOTE: 012024				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.00	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 25 Fecha: 04/06/2024 Código de muestreo: 25EN41 Zona: 41

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro:	<i>Organik</i>

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO										
Material				Cierre			Tamaño			Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido
		X		X			X			X
										otro: _____

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X	X			

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: <i>EN</i>
											LOTE: <i>121003</i>				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.21	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: **26** Fecha: **04/06/2024** Código de muestreo: **26EN4** Zona: **44**

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro:	<i>Organik</i>

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO										
Material				Cierre			Tamaño			Color
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido
		X		X			X			X
										otro:

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X	X			

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: EN
															X
											LOTE: 026004				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.49	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de Procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: Fecha: Código de muestreo: Zona:

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro <i>El Menú El Menú</i>	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño			Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro:
			X	X				X		X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintinto	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
	X				X	X			

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: Dg
															X
											LOTE:				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.31	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especias

Observaciones:

País de procedencia: España

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 28 Fecha: 09/06/2024 Código de muestreo: 28 Da 14 Zona: 14

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro <i>El Mesat El Español</i>	X

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO										
Material				Cierre			Tamaño		Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido
			X	X				X		X
otro: _____										

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
	X				X	X			

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca S.A	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: Dg
															X
											LOTE: 28Da14				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.45	K		X	

**2.0 ppm permitidos según Asociación
Estadounidense de Comercio de Especies**

Observaciones:

País de procedencia: España

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 29 Fecha: 11/06/24 Código de muestreo: 29C01 Zona: 1

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricemart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Maxicabo Sur 2</i>	<i>X</i>

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO											
Material				Cierre			Tamaño		Color		
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido	otro: _____
		X		X					X		

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: CLD
															X
											LOTE: SNL 1122				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
1.30	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmaceutica



USAC
TRICENTENARIA



Nombre de la tesis: **DETERMINACIÓN DE PLOMO EN CORTEZA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) COMERCIALIZADA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Tesista: Kevyn Francisco Sánchez

BOLETA DE REGISTRO DE MUESTRA

No Muestra: 30 Fecha: 11/06/24 Código de muestreo: 30401 Zona: 1

SUPERMERCADO DE ORIGEN	
La Torre	
Despensa Familiar	
Pricesmart	
La Barata	
Walmart	
Paiz	
Maxidespensa	
Otro: <i>Marabó sur 2</i>	<i>X</i>

FOTOGRAFÍA DEL PRODUCTO:



EMPAQUE PRIMARIO										
Material				Cierre			Tamaño		Color	
Papel	Aluminio	Polipropileno	Pet	Sellado al vacío	Ziplock	Sobres	Pequeño	Mediano	Grande	Traslucido otro:
		X		X					X	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS									
Color					Aroma				
Café	Café claro	Café oscuro	Rojizo	Otro: _____	Disintintivo	Cálido	Picante	Humedad	Otro: _____
X					X				

MARCA DE SUPERMERCADO															
Sa	Ma	Ju	DLP	Ca SA	LD	Co	MS	Ba	CA	AG	Su	Pr	LT	LC	Otra: CLD
															X
											LOTE: SNL 0123				

Resultado de niveles de plomo	PPM	PPB	Cumple	No cumple
0.72	X		X	

2.0 ppm permitidos según Asociación Estadounidense de Comercio de Especies

Observaciones:

País de procedencia: Guatemala

Anexo 4. Proceso de molienda de corteza de canela

Fuente: Imagen obtenida en el laboratorio del Departamento de Toxicología, Escuela de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 5. Muestras digeridas y aforadas con ácido nítrico al 5% v/v

Fuente: Imagen obtenida en el laboratorio del Departamento de Toxicología, Escuela de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 6. Muestra digerida previa a la lectura en Espectrómetro de Absorción Atómica

PinAAcle 900T Perkin Elmer



Fuente: Imagen obtenida en el laboratorio del Departamento de Toxicología, Escuela de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 7. Cálculo de la concentración de plomo (Pb) en muestra de corteza de canela empacada

$$\text{Niveles de plomo } \left(\frac{\mu g}{L} \right) \times \frac{1 L}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mg}}{1000 \mu g} \times FD \text{ mL} = \text{Niveles de plomo (mg)}$$

$$\frac{\text{mg de plomo}}{\text{g muestra}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \text{ppm de plomo } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right)$$

FD: Factor de dilución

Anexo 8. Condiciones utilizadas para digestión

Paso	Rampa (Ramp)	Potencia (watts)	Temperatura que alcanzará
1	2 minutos	250	215 °C
2	2 minutos	0	0
3	6 minutos	250	215 °C
4	5 minutos	400	344 °C
5	8 minutos	550	473 °C
6	8 minutos	ventilación	0 °C

Fuente: Soylak, M., Tuzen, M., Narin, I. y Sari. (2004). Comparison of microwave, dry and wet digestion procedures for the determination of trace meta contents in spice samples produced in Turkey. Journal of Food and Drug Analysis, 12(3), 254-258.