

Contenido de Cadmio en el proceso de elaboración de pasta de cacao

Cadmium content in the cocoa paste production process

José Antonio Aizprúa Delgado¹, Frank Guillermo Intriago Flor¹, Luis Humberto Vásquez Cortez²

¹Universidad Técnica de Manabí, Manabí – Ecuador

²Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos – Ecuador

Correo de correspondencia: jaizprua1913@utm.edu.ec, frank.intriago@utm.edu.ec, lvazquezc@utb.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
26/11/2023

Aceptado:
04/04/2024

Publicado:
03/07/2024

Revista:
DATEH

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el contenido de cadmio (Cd) presente en las almendras de cacao recolectadas de varias fincas de distintos cantones (Bolívar, Chone, Santa Ana y Tosagua) pertenecientes a la provincia de Manabí, como también se evaluó la pasta de cacao y su incidencia de cadmio. Este metal se acumula con facilidad en las almendras de cacao, perjudicando la salud humana y las posibilidades de comercialización y exportación; esto llevó a la Unión Europea (UE) a aprobar el Reglamento N. 2021/1323 para productos procesados del cacao. Las muestras fueron sometidas a un análisis por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito, los resultados mostraron niveles máximos de cadmio de 0,77mg/Kg en las almendras de cacao, para la variedad Nacional-Criollo; y valores mínimos de cadmio de 0,51 mg/Kg, de la misma manera en la pasta de cacao se encontraron valores máximos de cadmio de 0,69 mg/Kg y valores mínimos de 0,44 mg/Kg; considerando que en ninguno de los casos se sobrepasan el límite permisibles de 0,80 mg/kg establecido por la Unión Europea. Se realizó un análisis de varianza haciendo uso de la prueba de Tukey con una probabilidad de ($p<0.05$), los datos se ingresaron en un programa estadístico InfoStat.

Palabras clave: Almendra de cacao, cacao criollo, cadmio, pasta de cacao

Abstract

The main objective of this research was to evaluate the cadmium (Cd) content present in cocoa beans collected from several farms in different cantons (Bolivar, Chone, Santa Ana and Tosagua) belonging to the province of Manabí, as well as to evaluate the cocoa paste and its cadmium incidence. This metal accumulates easily in cocoa beans, damaging human health and marketing and export possibilities; this led the European Union (EU) to approve Regulation N. 2021/1323 for processed cocoa products. The samples were subjected to analysis by atomic absorption spectrometry with graphite furnace, the results showed maximum cadmium levels of 0.77mg/kg in cocoa beans, for the Nacional-Criollo variety; and minimum cadmium values of 0.51 mg/kg, in the same way in the cocoa paste maximum cadmium values of 0.69 mg/kg and minimum values of 0.44 mg/kg were found; considering that in none of the cases the permissible limit of 0.80 mg/kg established by the European Union was exceeded. An analysis of variance was carried out using Tukey's test with a probability of ($p<0.05$), and the data were entered into an InfoStat statistical program.

Keywords: cocoa almond, creole cocoa, cadmiu, cocoa paste

Forma sugerida de citar (APA): López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

INTRODUCCIÓN

Para descifrar el significado de la palabra "cacao", es necesario consultar el idioma maya, este termino cacao proviene de la palabra Cac que significa rojo lo cual hace referencia de la cascara roja de la mazorca; y cau que expresa la idea de fuerza y fuego, conocido como alimento de los dioses (Hernández, 2013). Los principios históricos de domesticación, cultivo y consumo de los granos de cacao tienen su origen en la cultura maya, los cuales se desarrollaron en México y Centroamérica hace 2000 años,

no obstante, recientes investigaciones documentan su aparición hace 5000 años en zonas de la Alta Amazonia (Quitero et al., 2017). La presencia del grano de cacao ha estado vinculada con la celebración de ceremonias religiosas en las culturas indígenas del continente americano, además de su utilidad como moneda en la antigüedad su valor tanpreciado como el oro, se utilizaba para preparar deliciosas bebidas (Quitero et al., 2017).

Existen veintidós especies del género *Theobroma*, distribuidas en América y 17 especies de esta planta se encuentran en Sudamérica donde existe mayor diversidad (Suárez et al., 2019). A mediados del Siglo XX, la industria ecuatoriana dio origen a un cambio en la matriz productiva del sector cacaotero, donde se empezó a producir semielaborados de cacao (López et al., 2022), lo que conllevó a un mayor reconocimiento del país Ecuatoriano a nivel mundial, convirtiéndose en uno de los mayores productores de cacao (*Theobroma cacao* L.) que a su vez se favorece de las condiciones geográficas y su riqueza en recursos biológicos, es así que ocupa actualmente el tercer lugar como productor de cacao en grano a nivel mundial (Erazo et al., 2023).

En Ecuador hay dos variedades de cacao predominantes como es el Nacional y el CCN-51 (Vásquez et al., 2023), diversos investigadores han destacado que la producción de cacao en Ecuador es única a nivel mundial, debido a que cualidades organolépticas que posee este grano, no obstante, durante los últimos años su calidad se ha visto influenciada por la falta de aplicación de métodos para el tratamiento postcosecha (Vera et al., 2022).

La producción de cacao del Ecuador ha logrado un importante desarrollo a nivel productivo y a su vez una mejora en las cualidades sensoriales del grano mediante el desarrollo de técnicas fermentativas del beneficiado (Velásquez et al., 2021), sin embargo, durante los últimos años la presencia de metales pesados en el cacao ha creado una preocupante alarma por parte de compradores del granos de cacao y a su vez de los consumidores, aunque podría deberse al manejo postcosecha, específicamente cuando se efectúa el secado en carreteras lo cual puede afectar la calidad de los granos de cacao (Bonifaz & Intriago, 2023).

La constante ingesta de alimentos contaminados con metales pesados en la dieta humana se ha convertido en un desafío que ha generado interés de estudio por parte de diferentes instituciones gubernamentales y de salud en diferentes países del mundo, debido a que la acumulación de las trazas de estos metales pueden ocasionar problemas de salud, que a su vez repercute sobre la economía de diferentes países productores del este grano debido a la disminución de las exportaciones del grano y en determinados casos de productos procesados (Raju et al., 2020).

El Cadmio ha sido considerado como el elemento más representativo en las plantaciones de cacao, provocando alteraciones que en gran medida afectan la movilidad y disponibilidad, por lo que se puede encontrar con facilidad en los alimentos que son parte de la cadena alimentaria,

siendo este el caso de productos derivados del cacao (Chancay et al., 2022).

El Cadmio se encuentra clasificado dentro de los metales pesados, y posee características intermedias con elementos como el Zn y el Hg (Florida, 2021), en la actualidad, su acumulación en el organismo humano ha provocado alteraciones significativas en la salud, afectando mayoritariamente órganos como pulmones, riñones, hueso y probablemente desarrollo de carcinogénesis (Pérez Garcia & Azcona Cruz, 2012), siendo este efecto de la alta movilidad y la bioacumulación en el organismo (Prieto et al., 2009).

La acumulación de metales como Br, Cr, Cd, y Pb se puede presentar en el tejido y partes comestibles del fruto de cacao (almendras), denominándose como un potencial riesgo para la salud de los consumidores. En este sentido se ha documentado que la presencia de estos compuestos no depende de la variedad de cacao, técnicas de secado, sino de la ubicación geográfica donde se encuentran localizados los cultivos (Aguirre et al., 2020).

Se considera que el cadmio es uno de los metales más tóxicos y exhiben efectos adversos en todos los procesos biológicos lo que repercute en impactos nocivos sobre el medio ambiente y la calidad de los alimentos (Bayona, 2020). Por lo expuesto anteriormente el presente estudio se desarrolló con el objetivo de determinar el contenido de cadmio (Cd) presente en la pasta elaborada con cacao variedad Criollo-Nacional recolectado en cuatro fincas pertenecientes a la provincia de Manabí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Las muestras (almendras de cacao y pasta de cacao) estudiadas se analizaron por triplicado y los resultados se procesaron estadísticamente mediante el uso del software estadístico InfoStat, para comparar valores medios. Se determinó la desviación estándar y el coeficiente de variación. Se utilizó una probabilidad del 95 %, para caracterizar el contenido de cadmio en las muestras.

Obtención y análisis de las muestras

Las muestras obtenidas (cacao) se recolectaron de cuatro fincas pertenecientes a los cantones de Chone, Bolívar, Santa Ana y Tosagua, cada muestra se tomó por triplicado. Una vez recolectada la almendra se pasó por un proceso de fermentación en cajas de madera por cinco días; donde el cacao se lo volteaba periódicamente controlando la temperatura para evitar que se contamine la almendra, luego se procedió al secado por método natural se colocó 2 kilos de almendra en el cemento, hasta reducir la humedad en un 7% aproximadamente, con la finalidad de

lograr una mejor conservación de las almendras y evitar el deterioro por la acción de mohos (Erazo et al., 2021).

Una vez seco el cacao se empacaron 150 g por cada muestra para ser enviadas al laboratorio para determinar los contenidos de cadmio en las almendra de cacao; se elaboró la pasta donde se procedió a tostar el cacao en un tostador que proporciona fuego directo en un recipiente cilíndrico con movimiento rotativo a una temperatura de 80°C por un tiempo de 25 a 30 minutos donde el grano desprende su aroma y se empieza a eliminar humedad, luego se procedió al descascarillado haciendo uso de un descascarillador para obtener los nibs de cacao separando la cascarilla por medio de ventilación, por último se pasaron los nibs de cacao al molino que funciona por fuerza de rozamiento hasta obtener una pasta.

La presencia de Cadmio se determinó mediante el uso de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica con un horno de grafito (GF-AAS). En la actualidad este método es ampliamente utilizado para la determinación de las concentraciones de metales pesados en alimentos.

Este método se integra por dos procesos fundamentales que son la atomización de la muestra y la posterior absorción por medio de la radiación proveniente de una fuente de átomos libres, para lo cual se deben seguir los siguientes procedimientos para el tratamiento de las muestras:

Secado: se inicia con la colocación de las muestras sobre el tubo de grafito y se eleva la temperatura por el encima del punto de ebullición del solvente utilizado (usualmente entre 80 a 180 °C) con el objetivo de eliminarlo de la muestra. La muestra inyectada (2-20 µL) sobre el horno de grafito es sometida a una temperatura inferior al punto de ebullición del solvente (80-180 °C). En este proceso se elimina el solvente y los componentes volátiles de la matriz.

Calcinado: en este proceso se incrementa la temperatura, para obtener una mayor remoción del material orgánico de la muestra evitando la pérdida del analito. Se utiliza una temperatura de 350 a 1600 °C. En este proceso el material sólido se descompone en tanto que para los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados.

Atomización: se procede con el calentamiento del horno a altas temperaturas (1800-2800 °C) con el fin de vaporizar los residuos del calcinado. Se procede a la creación de átomos átomos libres en el camino óptico y se procede a medir la absorbancia durante este paso el cual depende de la volatilidad del elemento.

De manera general se utiliza una cuarta etapa que consiste en la limpieza del horno, a temperaturas superiores a las utilizadas en el proceso de atomización. Cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias.

RESULTADO

Los resultados del análisis de cadmio (Cd) en las muestras de materias primas utilizadas en el presente estudio (almendras y pasta de cacao) se exponen en la Tabla 1.

Fincas	Almendra	Pasta
Chone	0,53	0,49
Chone	0,51	0,47
Chone	0,70	0,68
Bolívar	0,72	0,68
Bolívar	0,76	0,68
Bolívar	0,71	0,65
Santa Ana	0,44	0,35
Santa Ana	0,55	0,49
Santa Ana	0,53	0,47
Tosagua	0,75	0,68
Tosagua	0,80	0,70
Tosagua	0,75	0,70

Tabla 1. Concentración (ppm) de cadmio (Cd) en las almendras y pasta de cacao.

Se realizó un análisis estadístico a cada uno de los resultados obtenidos por cada muestra, en las tablas 2 y 3 se observan las concentraciones obtenidas de cadmio (Cd) en las diferentes muestras (almendras y pasta de cacao) así como la desviación estándar, el coeficiente de variación, los intervalos de confianza, con una probabilidad del 95 %.

Muestras	Concentración de Cadmio (ppm)	D.E.	C.V.
Santa Ana	0,44 a	± 0,08	17,34
Chone	0,55 ab	± 0,12	21,20
Bolívar	0,67 b	± 0,02	2,59
Tosagua	0,69 b	± 0,01	1,67
p-valor	0,0068		

Tabla 2. ANOVA de la concentración de Cadmio (Cd) en la almendra de cacao.

Muestras	Concentración de Cadmio (ppm)	D.E.	C.V.
Santa Ana	0,51 a	± 0,06	11,56
Chone	0,58 ab	± 0,10	18,00
Bolívar	0,73 bc	± 0,03	3,62
Tosagua	0,77 c	± 0,03	3,77
p-valor	0,0029		

Tabla 3. ANOVA de la concentración de Cadmio (Cd) en la pasta de cacao.

En los resultados obtenidos (Tabla 2 y 3) se puede observar precisión en las muestras, lo cual se ve reflejado por el grado de concordancia de los datos, expresado en términos de desviación estándar y coeficiente de variación los mismos que se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

De acuerdo con los resultados se puede dar confiabilidad y la veracidad de los resultados reflejado en el análisis estadístico.

DISCUSIÓN

En cuanto al contenido de cadmio en la almendra de cacao, se puede observar que el valor mínimo fue de 0,51 ppm que corresponde a una de las muestras tomadas en una de las fincas pertenecientes al cantón de Santa Ana y el máximo de 0,77 ppm que corresponde a una de las fincas del cantón Tosagua que no sobrepasan el límite de 0,80 mg/kg establecido por el REGLAMENTO 2021/1323, de la UE (Comisión Europea, 2021), donde se especifica que el contenido de materia seca total en los granos de cacao es de $\geq 50\%$; destacándose que los indicadores descritos en este reglamento pueden expresar el contenido máximo de cadmio para almendras 100% puras de cacao sería máximo de 1,6 mg/kg.

Los valores encontrados en la investigación resultaron inferiores a los reportados por (Gregorio et al., 2016), en su investigación indica que el límite máximo descrito por la UE puede ser aplicado a los reportados en los granos de cacao, donde se describe un contenido de Cd (1,62 $\mu\text{g g}^{-1}$) que superan el valor máximo estipulado por el Reglamento de la UE.

Zambrano, (2018) en su investigación sobre el contenido en cadmio de cacao

(*Theobroma cacao* L.) ecuatoriano y su incidencia en el consumo humano, encontró niveles de cadmio entre 0,13 a 0,27 en distintas zonas del Ecuador, resultandos inferiores a los reportados en la investigación.

CONCLUSIÓN

Se concluye que en las fincas evaluadas en la zona de Manabí existe presencia de cadmio en las almendras de cacao en la variedad Nacional criollo y en la pasta de cacao con límites permisibles que no representan peligro alguno para el consumidor, considerando que la industria procesa productos derivados del cacao con un máximo de 75% de cacao.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, S., Piraneque, N., & Vásquez, J. (2020). Heavy metals content in soils and cocoa tissues in Magdalena department Colombia: emphasis in cadmium. *Entramado*, 16(2), 298–310. <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6753>
- Bayona, Lady. (2020). Efecto y mitigación de la toxicidad por arsénico y cadmio en cultivo de arroz. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 6(2), 49–70. <https://doi.org/10.36436/24223484.327>
- Bonifaz, L., & Intriago, F. (2023). Incidencia de contenido de cadmio en el chocolate. *Revista Multidisciplinaria Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 5(2), 1–9. <https://dateh.es/index.php/main/article/view/189>
- Chancay, L., Delgado, M., & Salas, C. (2022). Cadmio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y sus efectos ambientales. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 8(2), 91–110. https://doi.org/https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4324
- Comisión Europea. (2021). REGLAMENTO (UE) 2021/1323. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 10(1), 13–18. <https://www.boe.es/doue/2021/288/L00013-00018.pdf>
- Erazo, C., Bravo, K., Tuárez, D., Fernández, Á., Torres, Y., & Vera, J. (2021). Efecto de la fermentación de cacao (*theobroma cacao* L.), variedad nacional y trinitario, en cajas de maderas no convencionales sobre la calidad física y sensorial del licor de cacao. *Revista de Investigación Talentos*, 8(2), 42–55. <https://doi.org/10.33789/talentos.8.2.153>
- Erazo, C., Vera, J., Tuarez, D., Vásquez, L., Alvarado, K., Zambrano, C., Mindiola, V., Mora, R., & Revilla, K. (2023). Caracterización fenotípica en flores de cacao (*theobroma cacao* l.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa. *Revista Bionatura*, 8(3), 1–9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.11>
- Florida, N. (2021). Revision sobre limites máximos de

- cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Granja*, 34(2), 113–126.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.08>
- Gregorio, J., Churión, P., Liendo, N., & López, V. (2016). Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao* L.) de Santa Bárbara del Zulia, Venezuela. *Saber, Universidad de Oriente*, 28(1), 106–115.
https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-01622016000100011&script=sci_abstract&tlng=pt
- Hernández, A. (2013). Chocolate: historia de un nahuatlismo. *Estudios de Cultura Náhuatl*, 46(1), 37–87.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-16752013000200003
- López, J., Ortiz, F., Parada, F., Lara, F., & Vásquez, E. (2022). Caracterización morfoagronómica de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador. *Revista Minerva*, 2(1), 31–50.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/revminerv.a.v2i1.12523>
- Pérez García, P. E., & Azcona Cruz, M. I. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico Quirúrgicas*, 17(3), 199–205.
<https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
- Prieto, J., González, C., Gutiérrez, R., & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29–44.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>
- Quitero, L., Anido, J., & Azuaje, A. (2017). El consumo de cacao en Venezuela y en el mundo desde una perspectiva sostenible (1960-2014). *Revista Agroalimentaria*, 23(45), 23–49.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.007>
- Raju, M., Dhatri, L., García, S., Kadiyala, E., & Mallavorapu, M. (2020). Cocoa-laden cadmium threatens human health and cacao economy: A critical view. *Science of The Total Environment*, 720(3), 1–15.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137645>
- Suárez, G., Avendaño, C., Ruíz, P., & Estrada, P. (2019). Tree diversity and stored carbon in cocoa (*Theobroma cacao* L.) agroforestry systems in Soconusco, Chiapas, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 25(3), 315–332.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscf.a.2018.12.093>
- Vásquez, L., Vera, J., Alvarado, K., Ochoa, K., Intriago, F., Raju, M., & Radice, M. (2023). Calidad sensorial de cuatro cruces experimentales de cacao adicionando pasta de frutas deshidratadas. *Revista Multidisciplinaria Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 5(1), 1–9.
<https://www.dateh.es/index.php/main/article/view/112>
- Velásquez, D., Gschaedler, A., Kirchmayr, M., Avendaño, C., Rodríguez, J., Calva, S., & Cervantes, L. (2021). Cocoa bean turning as a method for redirecting the aroma compound profile in artisanal cocoa fermentation. *Heliyon*, 7(8), 1–32.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07694>
- Vera, J., Intriago, F., Alvarado, K., & Vasquez, L. (2022). Inducción anaeróbica de bradyrhizobium japonicum en la postcosecha de híbridos experimentales de cacao y su mejoramiento en la calidad fermentativa. *Journal of Science and Research*, 7(2), 50–69.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.7723254> AUTORES:
- Zambrano, D. (2018). *Estudio del contenido en cadmio de cacao (Theobroma cacao L) ecuatoriano y su incidencia en el consumo humano* [Universidad de Córdoba].
https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/20041/tfm_denisse_margoth_zambrano_muñoz.pdf?sequence=1&isAllowed=y