9 No.1 (2025): Journal Scientific MQRInvestigar ISSN: 2588–0659
https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.1.2025.e391

Evaluation of the physicochemical and antioxidant characteristics of a cocoa (*Theobroma cacao L*) cream.

Evaluación de las características físico-químicas y antioxidantes de una crema de cacao (*Theobroma cacao* L).

Autores:

Chila-Pallaroso, Scarleth Nayely
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresada de la carrera de Ingeniera en Agroindustrias
Chone, Ecuador
schila9999@utm.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-2602-2307

Intriago-Giler, Gema Monserrate
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresada de la carrera de Ingeniera en Agroindustrias
Chone, Ecuador
gintriago7828@utm.edu.ec
https://orcid.org/0009-0000-5882-8415

Intriago-Flor, Frank Guillermo
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Doctor en Ciencias Agrarias
Docente Tutor de la carrera de Ingeniería en Agroindustrias
Chone Ecuador
frank.intriago@utm.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-0377-1930

Fechas de recepción: 26-FEB-2025 aceptación: 26-MAR-2025 publicación: 31-MAR-2025
https://orcid.org/0000-0002-8695-5005
http://mqrinvestigar.com/

Resumen

La investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar las propiedades fisicoquímicas, químicas y metales pesados (cadmio y plomo) de la crema de cacao. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos que incluyeron tres concentraciones de pasta de cacao (T1: 50% pasta cacao; T2: 60% pasta de cacao; T3: 70% de pasta de cacao). Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y las propiedades antioxidantes (ABTS y DPPH), contenido fenólico y contenido de metales pesado (Cadmio y plomo). La caracterización fisicoquímica presento menor humedad en T2, mostrando a su vez una mayor cantidad de materia seca. El contenido de grasa fue estadísticamente superior en tratamiento T3 (19,16%), y menor en el contenido de ceniza con 1,16%. El % de acidez y pH fuero mayores en T1 con 0,05% y 6,37, respectivamente. La presencia de fenoles fue estadísticamente superior en el T1 con 5,94 mg. La capacidad antioxidante por ABTS fue superior en T1 con 59,63 µmol y por DPPH en T0 con 82,68 µmol. La presencia de Cadmio y Plomo fueron menores en T3 con 0,12 y 1,70 mg/kg. Se obtuvo una mejor capacidad antioxidante en el tratamiento T1, en tanto, que la menor presencia de cadmio y plomo fueron menores en el tratamiento T3.

Palabras clave: antioxidantes; metabolitos secundarios; pasta de cacao

Abstract

The research was developed with the objective of evaluating the physicochemical and chemical properties and heavy metals (cadmium and lead) of cocoa cream. A completely randomized experimental design was applied, with three treatments that included three concentrations of cocoa paste (T1: 50% cocoa paste; T2: 60% cocoa paste; T3: 70% cocoa paste). Physicochemical parameters and antioxidant properties (ABTS and DPPH), phenolic content and heavy metal content (Cadmium and lead) were evaluated. The physicochemical characterization showed lower moisture in T2, showing a higher amount of dry matter. Fat content was statistically higher in treatment T3 (19.16%), and lower in ash content with 1.16%. The % acidity and pH were higher in T1 with 0.05% and 6.37, respectively. The presence of phenols was statistically higher in T1 with 5.94 mg. Antioxidant capacity by ABTS was higher in T1 with 59.63 µmol and by DPPH in T0 with 82.68 µmol. The presence of Cadmium and Lead were lower in T3 with 0.12 and 1.70 mg/kg. A better antioxidant capacity was obtained in the T1 treatment, while the lower presence of cadmium and lead were lower in the T3 treatment.

Keywords: antioxidants; secondary metabolites; cocoa paste

Introducción

Durante los últimos años en América Latina ha surgido un importante interés por el desarrollo de productos alimenticios impulsado por la diversidad de riquezas naturales que forman parte de las materias primas utilizadas en el desarrollo de productos agroindustriales que destacan por el importante dinamismo económico y la capacidad de adaptarse a las exigencias demandante del mercado (Guiné et al., 2020), las cuales se basan en la búsqueda constante de productos con diferentes funciones biológicas (Chiocchio, 2021).

El cultivo de cacao ha sido considerado uno de los rubros más importantes a nivel mundial y en el territorio ecuatoriano, debido a que integra un importante dinamismo económico para las diferentes familias dedicadas a esta actividad agrícola (González et al., 2022). La industria procesadora de cacao se ha consolidado por el desarrollo de diferentes productos entre los que destacan chocolates, manteca, polvo y pasta y licor de cacao los cuales han alcanzado una importante acogida en el mercado relacionado con los diferentes beneficios y propiedades sensoriales agradables a la percepción de los consumidores (Rangel et al., 2024). En la actualidad los granos de cacao han sido considerados como uno de los productos agrícolas con un importante valor económico a nivel del mundo, y con una importante demanda en la industria alimentaria, la cosmética y la farmacéutica (Gutiérrez et al., 2021). Los granos se caracterizan por su aporte de lípidos, proteínas, carbohidratos y diferentes compuestos bioactivos entre los que destacan alcaloides (teobromina y cafeína), polifenoles y flavonoides, los cuales son conocidos por su importante efecto antioxidante y diferentes beneficios en la salud (Tunjung et al., 2023).

De la misma manera el garbanzo es una legumbre con una importante relevancia económica y nutricional en gran parte de países, principalmente por su importante aporte de proteínas, las cuales oscilan entre 13 a 31% (Sánchez et al., 2023). Además, se caracteriza por su bajo índice glucémico y sus beneficios para la salud intestinal relacionado con la presencia de fibra dietética, vitaminas y minerales (Balbo et al., 2024).

Con la presente investigación se pretende evaluar el efecto de la incorporación de diferentes niveles de pasta de cacao en la elaboración de una crema de untar elaborada con garbanzo, como una propuesta de valor para el desarrollo de un producto con excelentes propiedades nutricionales y funcionales para los consumidores. Además del cumplimiento de los

estándares de calidad exigidos en la norma INEN 621 (2010) y normativas internacionales relacionadas con las regulaciones en la presencia de metales pesados.

Por lo tanto, el desarrollo de la presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar las características físico-químicas y antioxidantes de una crema de cacao (*Theobroma cacao* L.), como una alternativa de valor que busca aprovechar el potencial biológico del cacao y garbanzo en la elaboración de un producto de consumo alimenticio.

Material y métodos

Localización

La investigación se desarrolló en los predios del Laboratorio de Granos y Cereales de la Facultad de Agrociencias, de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en el sitio Anima, km 21/2 de la vía Chone-Boyacá. Los análisis fisicoquímicos, capacidad antioxidante y presencia de metales pesados fueron desarrollados en el Laboratorio de Bromatología y Química de la misma Universidad.

Diseño de la investigación

Se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar conformado por tres tratamientos que incluyeron tres concentraciones de pasta de cacao (50, 60 y 70%). Cada tratamiento se conformó por un total de tres réplicas y una unidad experimental como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

Diseño experimental de la investigación.

Tratamientos	Código	Factor	Réplica	Unidad experimental
2	**T2**	50% de pasta de cacao	3	1
3	**T3**	60% de pasta de cacao	3	1
4	**T4**	70% de pasta de cacao	3	1
Total			12	3

Nota: diseño de experimento utilizado en el desarrollo de la investigación.

Obtención de la pasta de cacao

Se inició con la recepción de los granos de cacao de la variedad nacional fino de aroma previamente sometidos a un proceso de fermentación y secado en sol. Se procedió con el tostado de los granos mediante un tostador del tambor a temperatura de 130°C por un periodo de 30 min para continuar con el proceso de descascarillado mediante la utilización de una descascarilladora eléctrica con flujo de aire para la eliminación de la cascarilla. Una vez eliminada la cascarilla se procedió con la obtención de la pasta de cacao mediante la utilización de un molino eléctrico.

Obtención de la harina de garbanzo (Cicer arietinum)

Se receptaron los granos de garbanzo los cuales fueron sometidos a un proceso de selección y limpieza con la finalidad de eliminar impurezas y granos con posibles riegos de deterioro biológico o daños por cosecha. Posteriormente se procedió a deshidratar los granos mediante el uso de un deshidratador eléctrico de la marca Food deshidratador FD-12, a temperatura de 60°C por un periodo de 4 horas, para consecutivamente proceder a enfriar mediante temperatura de 28°C.

Consecutivamente se procedió a moler los granos mediante el uso de molino eléctrico de cuchillas hasta alcanzar un tamaño de partícula entre 150 µm y 450 µm. La harina fue almacenada en fundas Ziploc para posteriormente almacenarla en condiciones adecuadas.

Elaboración de la pasta de cacao

La elaboración de la pasta inició con la recepción de las materias primas e insumos para posteriormente proceder con el pesado de acuerdo con la formulación descrita en la Tabla 2. La preparación del chocolate se desarrolló de acuerdo con las concentraciones a utilizar de acuerdo con el diseño de experimento. Se procedió con el mezclado de la pasta de cacao y la manteca vegetal para posteriormente ubicarla sobre la conchadora, donde adicionalmente se incluyó el azúcar impalpable para dejar en conchado por un tiempo de 8 horas, de acuerdo a cada tratamiento. Consecutivamente se procedió a incorporar el garbanzo y la leche descremada. Posteriormente la pasta se envasó en frascos de vidrio previamente esterilizados en agua a temperatura de 100°C por un periodo de cinco minutos, totalmente sumergidos en

el agua. Los envases fueron rotulados con los respectivos tratamientos y posteriormente almacenados en refrigeración para su respectivo análisis de laboratorio.

Tabla 2.

Formulación de los tratamientos en estudio.

Premezcla						
Insumos	**T1 (Chocolate 50%)**		**T2 (Chocolate 60%)**		**T3 (Chocolate 70%)**	
Pasta de cacao	50%	300	60%	360	70%	420
Manteca vegetal	30%	180	20%	120	10%	60
Azúcar	20%	120	20%	120	20%	120
Total	**100%**	**600**	**100%**	**600**	**100%**	**600**
Tratamientos						
Chocolate	60%	300	60%	300	60%	300
Garbanzo	20%	100	20%	100	20%	100
Leche (descremada)	20%	100	20%	100	20%	100
Total	**100%**	**500**	**100%**	**500**	**100%**	**500**

Fuente: Los autores.

Análisis de las propiedades fisicoquímicas de una crema de cacao

El análisis de las propiedades fisicoquímicas de la crema de cacao se efectuó basado en los requisitos de la norma NTE INE 621 (2010) para chocolates, donde se estipulan los siguientes requisitos: humedad, proteína, cenizas, grasa, tamaño de la partícula, sólidos totales, contenido de humedad, acidez y pH.

Identificación de las propiedades de la actividad antioxidante y contenido fenólico de una crema de cacao

El análisis de la actividad antioxidante se desarrolló por medio del método de ABTS + (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)). Se inicio con la preparación de la solución madre del radical utilizando agua destilada y persulfato de potasio para la generación del radical libre ABTS+ y se dejó en reposo por un periodo de 24 horas en recipiente de vidrio cubierto con papel aluminio. Posteriormente se procedió a preparar las diluciones de la crema de cacao

considerando los diferentes tratamientos por triplicado. Las lecturas se desarrollaron mediante la utilización de un espectrofotómetro de la marca Genesys de UV-Visible utilizando una longitud de onda de 724 nm. Los resultados se expresaron en µmol TE/g de muestra o µmol TE/mL.

El contenido fenólico de los tratamientos en estudio se determinó mediante el método del reactivo de Folin-Ciocalteu. Se procedió con la dilución de la crema de cacao mediante la utilización de etanol como solvente para posteriormente trasladarla al equipo de lectura. Las lecturas se desarrollaron mediante el uso de un equipo espectrofotométrico con una longitud de onda de 765 nm, donde se crearon las curvas de calibración utilizando un estándar fenólico (acido gálico). Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico.

Evaluación del contenido de metales pesados (cadmio y plomo) de la crema de cacao.

La presencia de metales pesado se determinó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de graffito (AAS) (Chancay et al., 2022). Se prepararon las muestras de cada tratamiento por triplicado y se procedió con los respectivos análisis de laboratorio para determinar la presencia de cadmio y plomo. Los resultados se expresaron en mg/kg de muestra.

Análisis Estadístico

Los resultados se procesaron mediante la aplicación del programa estadístico Minitab 18.1. Se aplicaron análisis de varianza ANOVA y posterior prueba de comparación de medias de Tukey en el caso de las variables que mostraron diferencias significativas. Para cada caso se utilizó un nivel de confianza del 95%.

Resultados

Caracterización fisicoquímica de las cremas de cacao

En la Tabla 3 se describen los resultados del análisis estadístico de la composición fisicoquímica de la crema de cacao elaborada a partir de la inclusión de tres concentraciones de pasta de cacao.

Tabla 3.

Análisis fisicoquímico de los tratamientos en estudio

Tratamientos	T1	T2	T3	p-valor

	x̄±D.E.	x̄±D.E.	x̄±D.E.	
Humedad %	45,30±0,74 ab	43,94±0,59 b	45,90±0,63 a	0,027
Materia seca %	54,70±0,74 ab	56,06±0,59 a	54,10±0,63 b	0,027
Grasa %	11,35±2,13 b	17,79±2,14 a	19,16±0,75 a	0,004
Ceniza %	1,37±1,35 a	1,33±1,32 b	1,16±1,15 c	0,000
Acidez %	0,05±0,00 a	0,05±0,00 b	0,04±0,00 c	0,000
pH	6,37±0,02 a	5,77±0,05 b	5,68±0,03 c	0,000

Nota: medias con una letra en común en la misma columna no significativamente diferentes ($p>0,05$). x̄: media; D.E.: Desviación estándar.

Los resultados del contenido de humedad mostraron variaciones significativas ($p<0,05$) entre los valores promedios de los tratamientos en estudio, demostrándose una menor humedad en el tratamiento T2 con 56,94%. De la misma manera se observó que el contenido de materia seca fue estadísticamente diferente ($p<0,05$) para las formulaciones en estudio con promedios, siendo mayor en el tratamiento en T2 con 56,06%. En este caso se observó que el tratamiento T1 no mostro variaciones significativas entre los tratamientos estudiados.

El perfil lipídico (grasa) de los tratamientos en estudio demostró diferencias significativas ($p<0,05$) de acuerdo con el análisis de comparación de medias de Tukey, donde se puede apreciar que los tratamientos T2 y T3 presentaron un comportamiento similar y con un mayor aporte de grasa con 17,79 y 19,16%, a diferencia del tratamiento T1, el cual presentó una menor presencia de grasa con 11,35% el cual es proporcional a una mayor cantidad de pasta de cacao incorporada en la formulación.

El contenido de cenizas demostró como resultados se encontró diferencias significativas ($p<0,05$) entre los tratamientos en estudio, donde se observa que el tratamiento T3 mostró una menor presencia de minerales en comparación con las demás formulas con 1,16%, en tanto que los tratamientos T1 y T2, los cuales alcanzaron un mayor aporte de cenizas, a pesar de encontrarse diferencias significativas entre tratamientos.

Con relación a los valores de acidez, los resultados mostraron diferencias significativas ($p<0,05$), donde el tratamiento T1 se mostró diferente a los demás tratamientos, con un porcentaje de acidez del 0,05%. De la misma manera el contenido de pH mostró diferencias

significativas (p<0,05) para los tratamientos en estudio, el cual fue superior en el tratamiento T1 con un promedio de 6,37.

Determinación de las propiedades antioxidantes y fenólicas de la crema de cacao.

Tabla 4.

Determinación de la presencia de fenoles totales y capacidad antioxidante de los tratamientos en estudio

Tratamientos	T1 x̄±D.E.	T2 x̄±D.E.	T3 x̄±D.E.	p-valor
Fenoles totales. mg Ácido gálico equivalente/ g	5,94±0,45 a	4,71±0,59 b	3,23±0,16 c	0,001
Actividad antioxidante ABTS. µmol Trolox Equivalente/ g	59,69±2,94 a	47,06±4,57 b	47,40±3,55 b	0,010
Actividad antioxidante DPPH. µmol Trolox Equivalente/ g	63,97±13,73 a	67,34±12,85 a	46,63±3,07 a	0,121

Nota: medias con una letra en común en la misma columna no significativamente diferentes (p>0,05). x̄: media; D.E.: Desviación estándar.

Los resultados del contenido fenólico de los tratamientos en estudio se determinaron que el contenido de fenoles presentó un comportamiento estadístico (p<0,05) con relación a los tratamientos en estudio, donde se encontró una superioridad numérica en los tratamientos T1 y T2, que son indicadores de la mayor presencia de compuestos bioactivos. Por su parte, los resultados expuestos en el tratamiento T3 son inferiores en comparación con las demás formulaciones estudiadas.

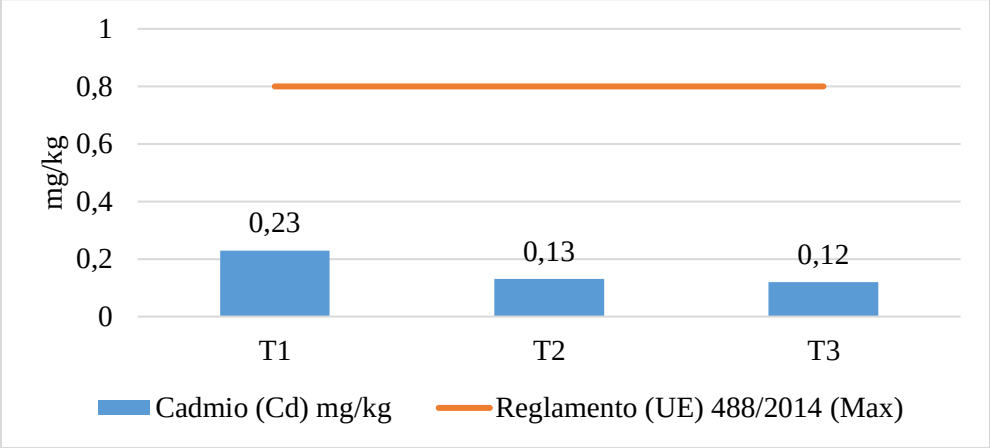
Por su parte, los resultados de la capacidad antioxidante por el método ABTS demostró que el tratamiento T1, mantuvo una mayor capacidad antioxidante con 59,69 µmol Trolox Equivalente/g, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos (p<0,05). No obstante, los resultados encontrados en los tratamientos T2 y T3 presentan una menor capacidad antioxidante.

Al analizar los resultados de la capacidad antioxidante por el método DPPH se encontró diferencias significativas (p<0,05) entre los tratamientos en estudio, reflejando promedios superiores en los tratamientos T1 y T2, a diferencias del tratamiento T3, el cual obtuvo una menor capacidad antioxidante con 46,63 µmol Trolox Equivalente/g.

Contenido de metales pesado en las cremas de cacao

Figura 1.

Determinación del contenido de Cadmio en las cremas de cacao.

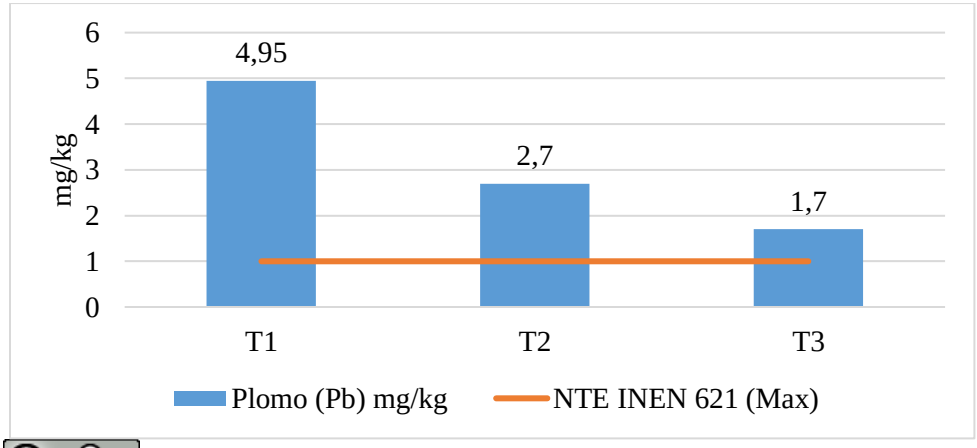


Nota: análisis desarrollados en la estación experimental tropical de Pichilingue.

Como se observa en la Figura 1, los resultados del análisis del contenido de cadmio muestran muestra un descenso en la concentración de este metal en las formulaciones, el cual es superior en el tratamiento T1 con 0,23 mg/kg e inferior en el tratamiento T3, con un promedio de 0,12 mg/kg.

Figura 2.

Determinación del contenido de Plomo en las cremas de cacao.



Nota: análisis desarrollados en la estación experimental tropical de Pichilingue.

Los resultados de la figura 2 muestran los resultados del contenido de Plomo en las cremas, donde se observa que, a pesar de la disminución de este metal con el aumento de la concentración de pasta de cacao, se encuentra fuera de los límites máximos permitidos dentro de la normativa ecuatoriana.

Discusión

Caracterización fisicoquímica

La estabilidad de la humedad en la elaboración de la crema de cacao es un factor de gran importancia en la conservación de las cualidades sensoriales de este tipo de productos, debido a que puede tener implicaciones en el desarrollo de microorganismos y consigo afectar la calidad sensorial de acuerdo con Basto et al. (2023). En este sentido, los resultados de Ab Razak et al. (2021) reportan valores de humedad de 45 a 60% entre las formulaciones estudiadas en cremas con materias primas diferentes, las cuales están cercanos a los valores reportados en esta investigación.

De la misma manera el contenido de MS de la crema fue similar en cada tratamiento, lo que demuestra que la cantidad de solidos totales no fue influenciada por las formulaciones. Los resultados expuestos por Vera et al. (2022) muestran un mayor contenido de materia seca en la elaboración de una crema de chocolate a partir de pasta de cacao, con valores que oscilaron entre 98 y 99%, lo que se debe a un menor contenido de humedad reportado por los autores. Además, se debe destacar que las variaciones reportadas dependen de las formulaciones reportadas en este estudio.

El mayor contenido de grasa en el tratamiento T3 está relacionado con una mayor proporción de la pasta de cacao en la formulación, siendo este un factor que puede mejorar la percepción sensorial, sin embargo, se debe considerar un aumento en la viscosidad final y las propiedades reológicas de la crema. De acuerdo con Erazo et al. (2021), el aporte de grasa en el licor de cacao varía entre 49 y 51%. Los resultados expuestos por López (2023), al evaluar el contenido de grasa de una crema untable, reporta valores superiores en el perfil lipídico de un producto con valores de 44 a 45%. No obstante, son diferentes a los reportados por Castro et al. (2021), quienes describen un valor de 15% de grasas saturadas.

Por su parte, el contenido de cenizas fue inferiores en el tratamiento T3, indicando una menor presencia de minerales en este tratamiento. Los valores reportados en el contenido de minerales son cercanos a los documentados en investigaciones desarrolladas con productos derivados del cacao, Vera et al. (2022) donde documentan valores de ceniza de 1,18 a 1,61%, lo que demuestra que las formulaciones utilizadas no inciden sobre la calidad final del producto.

En cuanto a los valores acidez y pH, se observó una superioridad de estos valores en el tratamiento T1, disminuyendo proporcionalmente en cada tratamiento al aumentar la concentración de la pasta de cacao en la formulación, lo cual puede tener implicaciones sobre la textura final del producto. Adicionalmente, se debe considerar la incidencia de estos indicadores sobre la aceptabilidad de las formulaciones (Juvinal., 2023).

Contenido fenólico

Como se evidenció en los resultados, la mayor presencia de fenoles se encontró en el tratamiento T1, demostrando a su vez una mayor capacidad antioxidante por ambos métodos de evaluación utilizados. Chacón et al. (2021), exponen que los granos de cacao son una fuente importante de compuestos fenólicos con valores de 16,36 hasta 34,35 mg AGE.g-1 ms, sin embargo, los resultados expuestos son menores debido a la combinación con otras materias primas que pueden incidir de manera directa sobre la presencia de este tipo de compuestos bioactivos.

Con relación al aumento de la capacidad antioxidante en el tratamiento T1, es proporcional a la presencia de fenoles, los cuales son conocidos por este importante efecto antioxidante sobre los radicales libre (Fernández et al., 2022). En este mismo sentido, López-Haro et al. (2023), elaboraron una barra de chocolate, describen una mayor capacidad antioxidante en el tratamiento control frente a los demás tratamientos, describiendo que este comportamiento se debe a la presencia de azúcar utilizada en la formulación, sin embargo, estos resultados difieren de los reportados en esta investigación donde se mantuvieron estables los valores de azúcar añadida.

En este mismo sentido, la disponibilidad de polifenoles activos o la oxidación de estos compuestos son influenciado por el procesamiento previo aplicado para la obtención de la pasta (Daza, 2023). Sin embargo, se considera la incidencia de factores como el lugar de

cosecha de los granos, condiciones de almacenamiento y del procesamiento de los granos durante la fermentación (Rosales-Valdivia et al., 2024).

Metales pesados en las cremas

La presencia del cadmio productos derivados del cacao ha sido objeto de diferentes estudios que buscan minimizar la presencia de este tipo de compuestos, debido al potencial efecto negativo que genera este metal debido a la toxicidad y capacidad de bioacumulación. De acuerdo con las regulaciones emitidas en el reglamento de la Unión Europea (UE) 488 (2014), el máximo permitido de este metal es de 0,80 mg/kg para con un contenido de materia seca total de cacao ≥50%, el cual es superior a los valores reportados en esta investigación. En este sentido, la presencia de este mineral está relacionado con factores como el tipo de suelo y la aplicación de las prácticas agrícolas (2022). En este sentido, resultados expuestos por Aizpurúa et al. (2024), en muestras de cacao del cantón Chone indican resultados de 0,55 ppm, el cual esta superior a los resultados expuestos en este estudio. Por su parte, los resultados de Palma et al. (2021), en muestras de cacao reportan valores de 0,036 mg/kg, en muestras de cacao, siendo inferiores a las reportadas en este estudio.

En este mismo sentido, al analizar la presencia de Plomo en las muestras analizadas de cada una de las fórmulas se determinó la presencia de valores superiores al valor máximo descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 621 (2010), donde se describe un máximo de 1 mg/kg. Resultados documentados en por Intriago et al. (2019)., se encuentran por debajo de los reportados en esta investigación, donde para almendra en mucílago, fermentada y seca oscilaron entre 0,89 mg.kg-1; 0,73 mg.kg-1 y 0,95 mg.kg-1 respetivamente. La evaluación de los parámetros fisicoquímicos mostró un menor contenido de humedad en T2, con un contenido de materia seca superior. El contenido de grasa fue superior el T3, en tanto que la presencia de ceniza, acidez y pH fueron superiores en T1. De la misma manera, los resultados de fenoles total y capacidad antioxidante por el método de ABTS son estadísticamente superiores en el tratamiento T1, a diferencia del método de DPPH donde no se encontraron diferencias estadísticas. En relación al contenido de Cadmio los resultados arrojaron valores que cumplieron con los criterios del reglamento de la UE, a diferencia del contenido de Plomo, el cual no cumplió con los requisitos de la NTE INEN 621.

Conclusiones

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos mostró un menor contenido de humedad en T2, con un contenido de materia seca superior. El contenido de grasa fue superior el T3, en tanto que la presencia de ceniza, acidez y pH fueron superiores en T1. De la misma manera, los resultados de fenoles total y capacidad antioxidante por el método de ABTS son estadísticamente superiores en el tratamiento T1, a diferencia del método de DPPH donde no se encontraron diferencias estadísticas. En relación al contenido de Cadmio los resultados arrojaron valores que cumplieron con los criterios del reglamento de la UE, a diferencia del contenido de Plomo, el cual no cumplió con los requisitos de la NTE INEN 621.

Referencias bibliográficas

Ab Razak, F, Abidin M, Hassan N, Edwin J, Abdullah S, Razak A, ... Hamim N. (2021). The impact of (*Canarium odontophyllum* Miq.) dabai optimum soaking condition towards the development of dabai peanut spread physicochemical properties and sensory evaluation. *Journal of Agrobiotechnology*, *12* (2), 56-67. https://doi.org/10.37231/jab.2021.12.2.258

Aizprua J, Intriago F, y Vásquez L. (2024) Contenido de Cadmio en el proceso de elaboración de pasta de cacao. *Revista multidisciplinaria de desarrollo agropecuario, tecnológico, empresarial y humanista. 6*(2), 5-5. https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01

Balbo R, Carreras J, Martínez J, Karlin M, Allende J, Silva M, ... y Álvarez C. (2024). Calidad nutricional y potencial productivo de genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* l.) Kabuli y desi en ambientes de argentina. *Nexo agropecuario*, (Edición Especial), 84-89. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/45191

Basto G, Ganhão S, Ruivo P, Oliveira A, Macedo A, Brandão C, ... Henriques M. (2023). New food, new technology: innovative spreadable cream with strawberry syrup. *European Food Research and Technology*, *249*(3), 821-828. https://doi.org/10.1007/s00217-022-04179-5

Castro L, Lagos A, Leitón D, y Muñoz J. (2021). El diseño de productos en Ingeniería de Procesos: Una aplicación en la elaboración de mantequillas untables de maní y haba. *Boletín Informativo CEI*, 8(3), 210-215. https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/2903

Chacón C, Mori L, y Chávez G. (2021). Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao* L.) crudo. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 266-273. http://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.331

Chancay L, Delgado M, y Salas C. (2022). Cadmio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y sus efectos ambientales. *La Técnica: Revista de las Agrociencias.* 91-110. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4324

Chiocchio I, Mandrone M, Tomasi P, Marincich L, y Poli F. (2021). Plant secondary metabolites: An opportunity for circular economy. Molecules, 26(2), 495. https://doi.org/10.3390/molecules26020495

Daza A. (2023). *Influencia de la fermentación y la temperatura de deshidratado en la capacidad antioxidante, polifenoles y ácidos grasos del cacao crudo.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10184/T010_45244244_M.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Erazo C, Bravo K, Tuarez D, Fernández A, Torres Y, 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://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8551316

Fernández R, Mori P, y Chávez S. (2022). Efecto del tipo de azúcar en la aceptación y capacidad antioxidante de los chocolates oscuros. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 5(1), 64-69. https://doi.org/10.25127/ucni.v4i3.810

González L, Moreira W, y Dueñas A. (2022). La cadena de comercialización del cacao fino de aroma, cantón Pichincha, Ecuador. *ECA Sinergia*, *13*(3), 86-95. https://doi.org/10.33936/ecasinergia.v13i3.4689

Guiné P, Florença G, Barroca J, y Anjos O. (2020). The link between the consumer and the innovations in food product development. *Foods*, *9*(9), 1317. https://doi.org/10.3390/foods9091317

Gutiérrez P, Mirón A, Rodríguez O, y Barragán E. (2021). Cocoa: Beyond chocolate, a promising material for potential value-added products. In *Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products*. 267-288. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824044-1.00038-6

Intriago F, Talledo M, Cuenca G, Macías J, Álvarez J, y Menjívar J. (2021). Evaluación del contenido de metales pesados en almendras de cacao (*Theobroma cacao L*) durante el proceso de beneficiado. Pro-sciences: revista de producción, ciencias e investigación, *3*(26). 17-27.

Juvinal G, De Steur H, Schouteten J, Muhammad D, De Leon A, Dewettinck K., & Gellynck X. (2023). Propiedades físico-químicas, perfil sensorial y aceptabilidad del consumidor de la leche con chocolate de búfalo de agua (*Bubalus bubalis* L.) utilizando cacao en polvo alcalinizado y natural. *Foods*, 12(9), 1797. https://doi.org/10.3390/foods12091797

López S. (2023). *Evaluación sensorial, fisicoquímica y bromatológica de una crema untable de cacao (Theobroma cacao) y semillas de girasol (Helianthus annuus*). [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chapingo]. https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/122c9226-2398-45f6-baf2-694ca468e328/content#page=79

López-Haro Y, Cruz-Muñoz R, Ariza-Ortega T, Román-Cortés R. (2023). Evaluación de metabolitos de interés en barra de chocolate (*Theobroma cacao*) adicionada con jengibre. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *28*(1), 600-607.

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 621. (2010). Chocolates. Requisitos. 2010.
Norma Técnica Ecuatoriana INEN 621. (2010). Chocolates. Requisitos. 2010.

Palma H, Intriago F, Andrade V, Gorozabel W, y Zambrano M. (2021). Determinación de los niveles de cadmio en el beneficiado de la almendra de cacao con diferentes concentraciones de salmuera. *Revista Pertinencia Académica*. *5*(1). 1-2. https://revistas.utb.edu.ec/index.php/rpa/article/view/2584

Rangel J, Silva A, y Quinceno J. (2024). Empoderamiento territorial para el desarrollo de la cadena de valor del cacao en el Guaviare (Colombia). *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. (1).1-17. https://doi.org/10.46377/dilemas.v12i1.4341

Reglamento Unión Europea (UE) 488. (2014). Contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios Texto pertinente a efectos del EEE. https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/93320940-da77-11e3-8cd4-01aa75ed71a1

Rosales-Valdívia B, García-Curiel L, Pérez-Flores J, Contreras-López C, Pérez-Escalante E, y García-Mora C. (2024) Influencia de la fermentación del cacao y del uso de cultivos iniciadores sobre las características organolépticas del chocolate: un análisis integral. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. 12(23). 31-43. https://doi.org/10.29057/icbi.v12i23.12047

Sánchez, I., Buitimea, G., Ortega, P., Flores, D., Meza, A., Panuco, A., y Buitimea, N. (2023). Pan con alto contenido de proteína a base de harina de trigo y garbanzos tostados de la variedad desi y sorgo. Simposio Nacional de Garbanzo Memoria. 86-91.

Tunjung A, Fahrurrozi M, Marwati T, Djaafar F, Hatmi U, Purwaningsih, ... Rahayu, E. (2023). Composición química y perfiles sensoriales de granos de cacao fermentados obtenidos de varias regiones de Indonesia. *Revista Internacional de Ciencias de los Alimentos*, (1), 5639081. https://doi.org/10.1155/2023/5639081

Vera J, Betancourt Q, Solórzano E, Navarrete T, García D, y Astaburuaga A. (2023). Obtención de crema de chocolate adicionado fruta de pan mediante la reutilización de cacao (*Theobroma cacao* L.) susceptible a monilia (*Moniliophthora roreri* Cif y Par). *Revista de Investigación TALENTOS*, *9*(1), 83-98. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8551307

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

A la Facultad de Agrociencias, de la Universidad Técnica de Manabí por brindarnos su apoyo en los Laboratorios para el desarrollo del presente trabajo de titulación.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.