

# Influencia de la extracción de manteca cacao por lixiviación y prensado hidráulico sobre el perfil lipídico caracterizado por cromatografía y espectroscopía vibracional

*Influence of cocoa butter extraction by leaching and hydraulic pressing on the lipid profile characterized by chromatography and vibrational spectroscopy*

**Antony Yourgen Palacios Hilario** 

Universidad Nacional del Santa, Perú  
antony.529.58@hotmail.com

**Elza Berta Aguirre Vargas** 

Universidad Nacional del Santa, Perú  
eaguirre@uns.edu.pe

**Beethssy Zzussy Hurtado-Soria** 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú  
beethssy.hurtado@unat.edu.pe

**Gino Prieto Rosales** 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú  
ginoprieto@unat.edu.pe

**Harold Pawel Johao Ore Quiroz** 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú  
haroldore@unat.edu.pe

**Lucia Ruth Pantoja Tirado** 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú  
luciapantoja@unat.edu.pe

**Richerson Harold Piscoche Chinchay** 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú  
richerson.piscoche@unat.edu.pe

**Eudes Villanueva López** 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú  
eudesvillanueva@unat.edu.pe

## RESUMEN

La manteca de cacao es ampliamente utilizada en el campo alimentario, especialmente en la producción de chocolates, por lo que su obtención se da principalmente por métodos de prensado y solventes. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo comparar ambos métodos de extracción con la finalidad de determinar el efecto cualitativo y cuantitativo sobre el perfil de ácidos grasos. Los resultados cualitativos obtenidos por espectroscopía infrarroja media (MIR) indicaron similar presencia de vibraciones de grupos funcionales a lo largo del rango de longitud de onda estudiado. A nivel cuantitativo la cromatografía gaseosa indicó que los ácidos grasos mayoritarios (palmítico, esteárico y oleico) no presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). El uso del prensado hidráulico es un método mucho más amigable con el cuidado del ambiente, aunque su gran desventaja se encontró en el rendimiento de extracción.

**Palabras clave:** Manteca, nib, infrarrojo, ácidos grasos, prensado hidráulico.

## ABSTRACT

Cocoa butter is widely used in the food field, especially in the production of chocolates, so it is obtained mainly by pressing and solvent methods. The present research work was aimed at comparing both extraction methods in order to determine the qualitative and quantitative effect on the fatty acid profile. The qualitative results obtained by mid-infrared spectroscopy (MIR) indicated similar presence of functional group vibrations throughout the wavelength range studied. At the quantitative level, gas chromatography indicated that the major fatty acids (palmitic, stearic and oleic) did not present significant differences ( $p < 0.05$ ). The use of hydraulic pressing is a much more environmentally friendly method, although its great disadvantage was found in the extraction yield.

**Keywords:** Butter, nib, infrared, fatty acids, hydraulic pressing.

## INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma Cacao* L.) es un fruto oriundo de la región tropical de América del sur, ampliamente producido en países africanos y ubicado al Perú en el octavo lugar con una producción anual aproximada de 107 mil toneladas (Beg et al. 2017; Campos – Vega et al. 2018; ICCO, 2019). La manteca de cacao es utilizada en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica, se obtiene mediante prensado mecánico y extracción por solvente con hexano (Vega & Kwik, 2012). La creciente conciencia de los peligros para la salud y la seguridad asociados con el uso de disolventes orgánicos, debido a su posible contaminación de los productos extraídos, ha impuesto nuevas demandas a la industria alimentaria para desarrollar tecnologías nuevas y limpias para el procesamiento de productos alimenticios. El hexano es el solvente por excelencia que se aplica a diversas matrices alimentarias (semillas, carnes, plantas, entre otros) para extraer fracciones lipídicas, sin embargo, este solvente en el Perú como en diversos países del mundo es un reactivo controlado, por otro lado, presenta un elevado poder de toxicidad cuyos residuos pueden quedar presentes en la fracción libre de grasa y un impacto sobre el ambiente. Los granos de cacao especialmente los nibs, se ha extraído con tecnologías de fluidos supercríticos utilizando al CO<sub>2</sub> como disolvente, sin embargo, esta tecnología, aunque altamente eficiente es costosa. El etanol también ha servido para extraer la grasa de la cascara de cacao logrando rendimientos hasta del 90% (Okiyama et al., 2019). La extracción mecánica, como el prensado hidráulico, puede llegar a extraer manteca de cacao hasta lograr rendimientos del 50%, realizando sinergias entre la temperatura (70°- 130°C) y presión (8 - 40 MPa) (Indarti, 2007; Chatib et al., 2015); Anoraga et al., 2019). Los diferentes métodos basados en la extracción por lixiviación y extracción mecánica pueden influir sobre el perfil lipídico (ácidos grasos) de la manteca de cacao, tecnologías como la

espectroscopia vibracional permiten visualizar cualitativamente la influencia energética sobre los enlaces de grupos funcionales característicos de matrices alimentarias (Skoog et al., 2015). La cromatografía gaseosa es el método por excelencia para cuantificar los ácidos grasos de manteca de cacao en el que se identifican a los ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFAS) e insaturados (PUFAS) entre los que se destacan el ácido palmítico, esteárico, araquídico, oleico y linoleico (Lipp et al., 2001; Naik & Kumar, 2014; Berg, et al., 2002; Mustiga et al., 2019). La presente investigación tuvo como objetivo extraer la manteca de cacao utilizando los métodos de lixiviación y prensado hidráulico con la finalidad de determinar el efecto cualitativo y cuantitativo sobre el perfil de ácidos grasos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

Se utilizaron 5 kg de granos de cacao seco y fermentado obtenidos de los campos de cultivo del Distrito de Bellavista, provincia de Jaén en el Departamento de Cajamarca – Perú (5°39'47"S 78°40'45"O).

### Métodos de extracción y rendimiento de manteca de cacao

La extracción de manteca de cacao se realizó por prensado hidráulico en un equipo hechizo cuya presión estuvo ubicada en el rango de 8-10 US-TONS (Perú), muestras de 100 g de nibs de cacao (entero) fueron previamente acondicionadas en calentamiento hasta los 80 °C por 5 min en un baño maría (Memmert, WNB-22, Alemania), luego las muestras fueron llevadas a la prensa hidráulica para someter a compresión mecánica accionada por un pistón a 8, 10, 12 y 15 US-TONS, la manteca de cacao fue recogida en frascos ámbar de 50 mL. Por otro lado, se realizó la extracción de la manteca de cacao por lixiviación, haciendo uso del aparato soxhlet (TOPT.SOFHLET

pág. 39

FOSS, Soxtec TM 2043, China) y con el uso de solvente éter de petróleo (250 mL), 5 g de nibs de cacao se colocaron en un cartucho de papel filtro y durante 4 h de recirculación bajo ebullición, la manteca de cacao fue colectada en la zona del balón de vidrio del soxhlet y se almacenaron en frascos ámbar de 50 mL. Todos los tratamientos fueron almacenados en refrigeración ( $5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) y se realizaron por triplicado. Finalmente, se determinó el rendimiento de extracción en base seca con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso de manteca de cacao (g)}}{\text{Peso de nib de cacao (g)}} * 100\%$$

### Análisis de cromatografía gaseosa

El análisis cuantitativo de las muestras de la manteca de cacao se llevó a cabo por cromatografía de gases en un cromatógrafo SHIMADZU GC2010, equipado con un detector de ionización por llama y un auto inyector AOC-20I utilizando helio como gas de arrastre. Mediante la derivatización de la manteca de cacao se procederá obtener los esteres metílicos de ácidos grasos (FAMES), AOAC 991.39.

Brevemente, se tomarán muestras de 0.025 g en tubos de vidrio (volumen máximo de 20 mL con tapa) que se disolvieran en 1.5 mL de NaOH (0.5N en metanol), posteriormente serán cubiertos con nitrógeno y se colocaran en baño maría por 5 minutos a  $100^{\circ}\text{C}$ . Se añadirán 2 mL de Trifloruro de Boro ( $\text{BF}_3$ ) al 12% en metanol, nuevamente se cubrirán con nitrógeno y se colocaran en baño maría a  $100^{\circ}\text{C}$  por 30 minutos, luego se enfriará y se añadirá 5mL de solución de NaCl saturado y 1mL de isooctano, bajo agitación luego se extraerá la fase superficial (incolore) al vial en un volumen máximo de 1.5 mL.

Finalmente, los viales se cubrirán nuevamente con nitrógeno y se almacenarán en refrigeración para su posterior inyección en el auto-muestreador del equipo cromatográfico y la cuantificación de los FAMES proporcionalmente calculados como el contenido total de ácidos grasos.

La temperatura del horno donde está ubicada la columna de separación será de  $100^{\circ}\text{C}$  una velocidad de 1.20 mL/min, el gas de arrastre utilizado será helio bajo el uso de un flujo constante de 124 mL/min a una temperatura de  $225^{\circ}\text{C}$  y una presión de 261.5 kPa.

El equipo está contiene un detector de índice de flama (FID) cuya temperatura de trabajo será de  $250^{\circ}\text{C}$ .

### Análisis de espectroscopia vibracional

Los espectros fueron obtenidos usando un Sistema FTIR (PerkinElmer, Waltham, MA, USA) con un área de muestreo de reflectancia total atenuada (ATR) de 2 mm de diámetro (200  $\mu\text{m}$  de área activa). Aproximadamente se dispuso una mínima cantidad de muestra de manteca de cacao (0.5 mL). El espectro fue escaneado a temperatura ambiente en un rango de número de onda de  $4000 - 650 \text{ cm}^{-1}$ , con una resolución  $4 \text{ cm}^{-1}$  y 32 scans. Debido a que la manteca de cacao es altamente lipofílica la limpieza de la superficie del ATR se realizó con acetona al 95% y se secó con papel tissue.

### Análisis estadístico

Los datos fueron procesados utilizando el software estadístico Minitab® 18.1 (USA). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) a un 95% de confiabilidad ( $p < 0.05$ ) y la comparación de medias de determinó mediante la prueba de diferencia mínima significativa (LSD).

## RESULTADOS

### Rendimiento de extracción

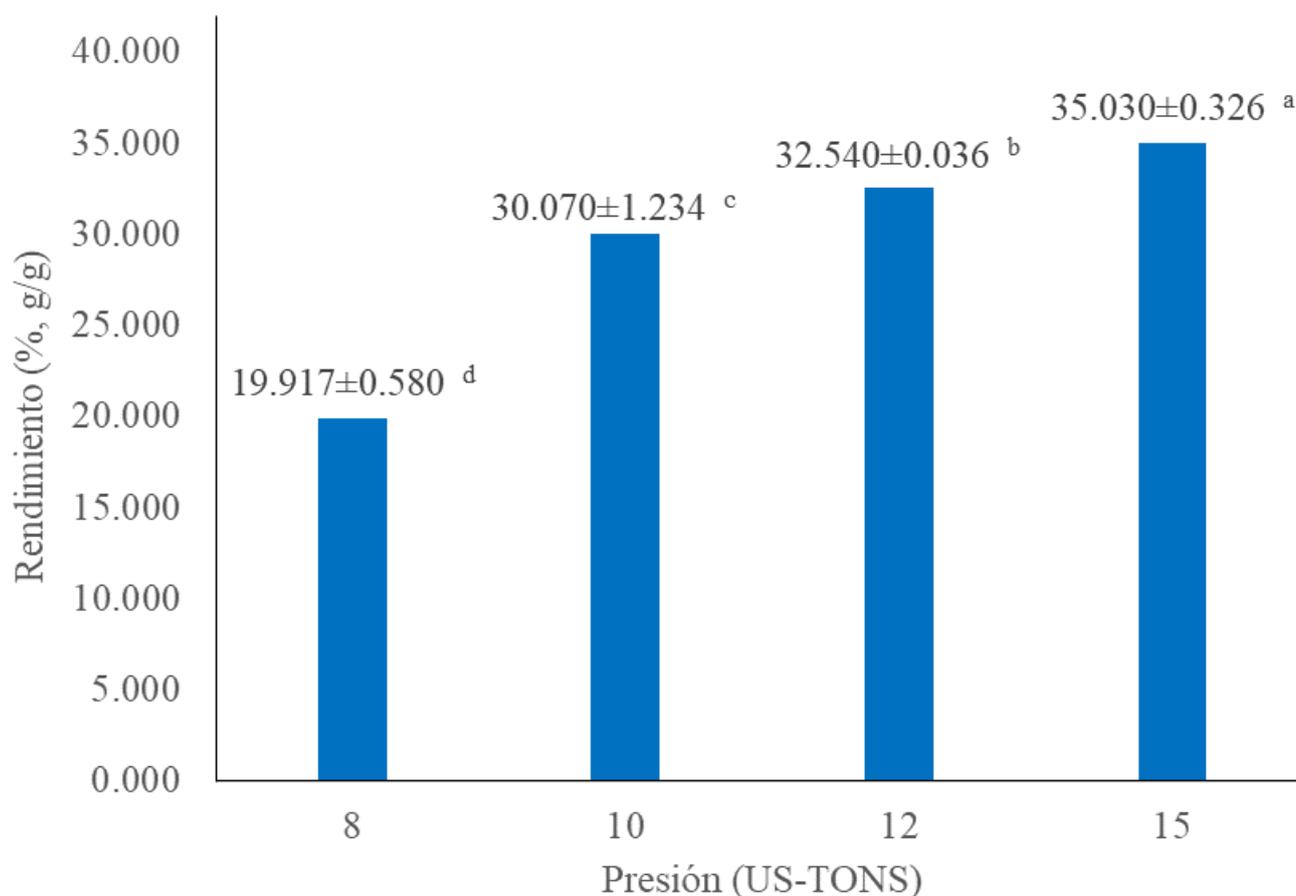
En la figura 1, se muestra el rendimiento de extracción obtenido por prensado hidráulico desde 8 – 15 US-TONS, se puede ver claramente como a mayor presión los rendimientos son superiores, estos rendimientos son similares a los 32– 34% obtenidos por Indarti (2007) quien aplicó presiones hidráulicas entre 30 – 40 MPa usando temperaturas de  $50 - 90^{\circ}\text{C}$ . Chatib et al. (2015) demostró que la extracción de manteca de cacao con presiones hidráulicas (8.05 MPa) pueden generar un rendimiento de 51.57 % usando un incremento de la temperatura en la materia prima de hasta  $130^{\circ}\text{C}$ . Anoraga et al. (2019) confirmó que la temperatura ( $70^{\circ}\text{C}$ ) en el proceso de extracción por prensado con un tiempo de 30 min tiene una influencia significativa en el rendimiento de obtención de manteca (40-47%), además indicó que el rendimiento de la manteca de cacao depende de factores como de humedad de los granos de cacao (tostado de cacao), tamaño de las partículas y el tiempo de prensado. Sin embargo, Rahma & Ahmad (2017) señalan que la influencia de la temperatura durante el proceso de extracción puede provocar cambios sobre el color (brillo) del cacao en polvo. Widayat (2013) indica que el prensado hidráulico sirve para extraer la manteca residual del cacao en polvo, ya que estos contenidos después de una primera extracción siguen siendo

grandes. Se necesitan prensas cuya presión sean superiores a 40 MPa para eliminar este tipo de grasa y cumplir con los estándares para el polvo de cacao. Además, la extracción de grasa de cacao también puede utilizar solventes para reducir la grasa que no ha podido ser liberada por las prensas (grasa residual). La extracción de manteca de cacao utilizando el método lixiviación en el aparato soxhlet obtuvo un rendimiento de  $46.283 \pm 0.751\%$ , el cual fue superior

y estadísticamente diferente a los rendimientos obtenidos en el prensado hidráulico ( $p < 0,05$ ). El prensado hidráulico a pesar de ser un método amigable con el ambiente y de costos relativamente inferiores en comparación a los métodos sofisticados como la extracción supercrítica, en este trabajo no permitió la extracción completa de la manteca de los nibs de cacao como el obtenido en el soxhlet.

### Figura 1

Manteca de cacao obtenido con prensado hidráulico



**Nota.** Letras iguales no presentan diferencia significativa en el rendimiento (%) de extracción de manteca de cacao ( $p < 0,05$ ).

### Espectroscopia vibracional

El espectro infrarrojo medio (MIR) de la manteca de cacao extraído con prensado hidráulico, éter de petróleo y etanol se muestran en la Figura 2, se evidenció una gran similitud entre las principales bandas espectrales características correspondientes a ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados), por ejemplo: las bandas detectadas entre los 2918 y 2850  $\text{cm}^{-1}$  asociadas a la vibración de

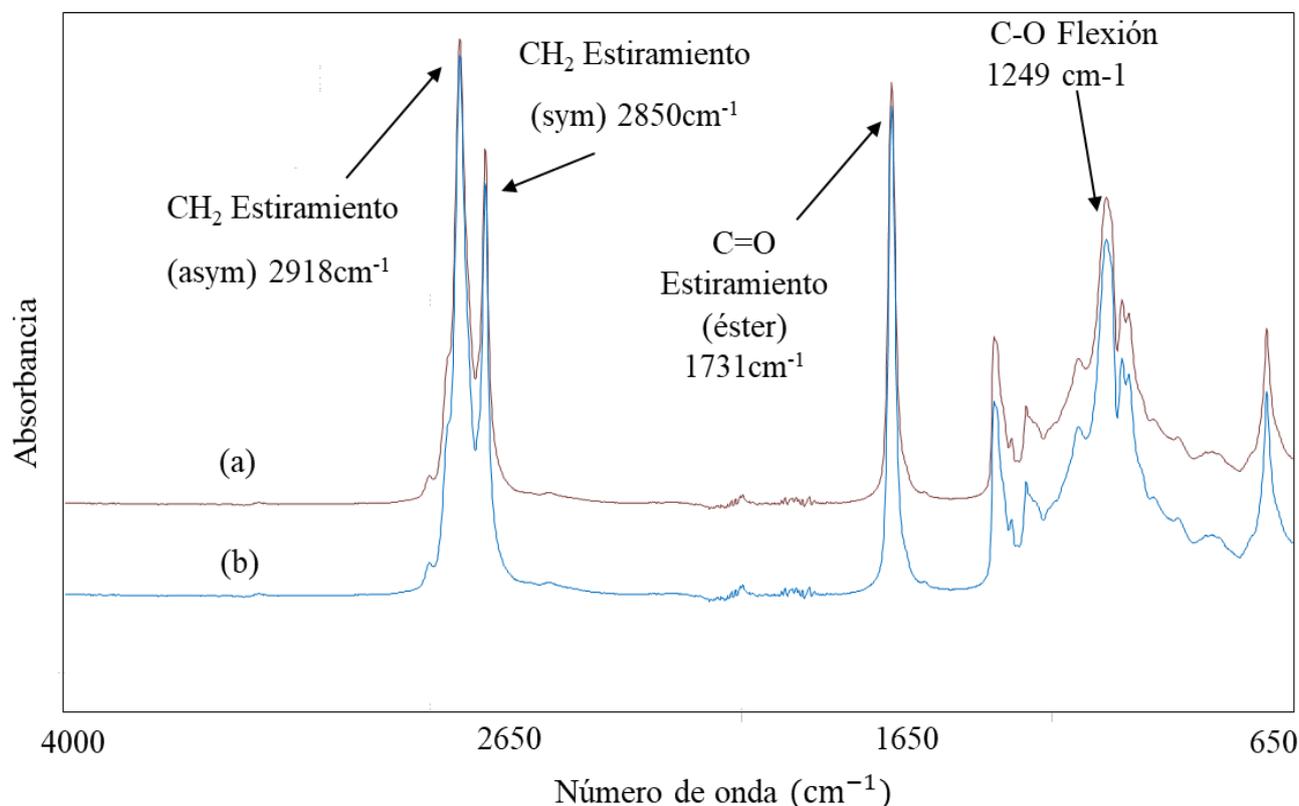
estiramiento de  $\text{CH}_2$  asimétrico y simétrico respectivamente, ligadas a la presencia de lípidos, fueron similares a las bandas de 2858 y 2850  $\text{cm}^{-1}$  que indican el estiramiento simétrico de  $\text{CH}_2$  y las bandas entre 2924 y 2916  $\text{cm}^{-1}$  indican el estiramiento asimétrico de  $\text{CH}_2$ , determinadas por Veselá et al. (2007) y Mandrile et al. (2019). La banda detectada en 1731  $\text{cm}^{-1}$  está asociada al movimiento de estiramiento del enlace  $\text{C}=\text{O}$  típica de los esteres de

triglicéridos no conjugados, ácidos carboxílicos, aldehídos y cetonas (Grillo et al., 2019). La banda en  $1471\text{ cm}^{-1}$  está asociada a la presencia de vibraciones de flexión de C-H en CH<sub>2</sub> y CH<sub>3</sub>, y la banda en  $1249\text{ cm}^{-1}$  es característica de las vibraciones de estiramiento C-O. Por último, la banda centrada a  $721\text{ cm}^{-1}$  vibración de flexión de cadena larga en ácidos grasos insaturados, es también confirmada por la banda de  $717\text{ cm}^{-1}$  vibración de flexión asimétrica en el plano o balanceo del C=C reportada por Rubio-Diaz

& Rodríguez-Saona (2010). Esta similitud de bandas espectrales demostró que de forma cualitativa los métodos tradicionales de extracción (Prensado hidráulico y solvente éter) no se diferencian en la extracción de manteca de cacao, ya que las vibraciones moleculares de las muestras estudiadas siguieron similar tendencia a lo largo de todo el barrido infrarrojo, indicando que estos aceites comparten los mismos grupos funcionales.

## Figura 2

*Espectro infrarrojo medio (MIR) de manteca de cacao extraída con (a) prensa hidráulica y (b) lixiviación*



## Perfil de ácidos grasos

El perfil cuantitativo de ácidos grasos se presentó en la Tabla 1.

En general existió la presencia de ácidos grasos saturados (palmítico, esteárico y araquídico), monoinsaturado (oleico) e poliinsaturado (linoleico). La composición de ácidos grasos de la manteca de cacao es aproximadamente en partes iguales ácidos palmítico (C16: 0), esteárico (C18: 0) y oleico (C18: 1) (Lipp et al., 2001; Naik & Kumar, 2014). Los ácidos grasos saturados, el ácido palmítico y el ácido esteárico tienen puntos de fusión relativamente altos

de  $62^\circ\text{C}$  y  $68^\circ\text{C}$ , respectivamente, mientras que el ácido oleico insaturado funde a solo  $16^\circ\text{C}$  (Berg, et al., 2002). Una pequeña fracción de la composición de ácidos grasos de la manteca de cacao contiene el ácido araquídico saturado (C20: 0), el ácido palmitoleico insaturado (C16: 0) y trazas de los otros ácidos grasos (Mustiga et al., 2019).

Respecto a la composición de ácidos grasos, se ha determinado que no existió diferencia significativa entre los contenidos de ácidos grasos (palmítico, esteárico, oleico) de la manteca de cacao extraído con los diferentes tratamientos (prensado hidráulico y extracción por lixiviación con solvente de éter de

## Artículo científico

Volumen 6, Número 2, julio - diciembre, 2023  
Recibido: 03-07-2023, Aceptado: 04-10-2023

 <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v6i2.212>



petróleo) a un 95% de confiabilidad ( $p < 0,05$ ). En general, la manteca de cacao estuvo compuesta principalmente de ácidos grasos saturados (SFA) y dentro de esta familia el ácido esteárico fue el predominante (35.47 – 36.29%), otro ácido saturado representativo fue el ácido oleico (31.15 – 32.08%) y en menor medida el ácido araquídico (<1.4%). Por otro lado, por parte de la familia de los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) solo se cuantificó la presencia del ácido oleico (31.2 – 32.1%), respecto a la familia de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) en una baja proporción se ubicó al ácido linoleico (2.27 – 2.43%). Estos resultados fueron proporcionalmente similares al contenido de ácidos

grasos de la manteca de cacao extraído por presión hidráulica en el estudio realizado por Indarti (2007), el cual reportó 26,24% de ácido palmítico, 42,23% de ácido esteárico y 26,53% de ácido oleico. Respecto al contenido promedio de ácido palmítico ~28%. Ostrowska-Ligeza et al. (2021) identificó efectivamente que en el cacao peruano (criollo) la presencia de ácido palmítico es 28.03%, además indicó que este ácido graso es ligeramente inferior al de cacao ecuatoriano (forastero) ubicado en 30.02%. Las diferencias en el perfil de ácidos grasos se explican principalmente como un efecto del origen geográfico (Torres-Moreno et al., 2015).

**Tabla 1**

*Cuantificación de ácidos grasos en manteca de cacao extraído con diferentes métodos*

Ácidos grasos	Método de extracción*	
	Prensado hidráulico	Lixiviación
Ácido palmítico (C16:0)	28.985 ± 0.133 <sup>a</sup>	28.635 ± 0.040 <sup>b</sup>
Ácido esteárico (C18:0)	36.286 ± 0.115 <sup>a</sup>	35.477 ± 0.164 <sup>b</sup>
Ácido oleico (C18:1)	31.152 ± 0.134 <sup>b</sup>	32.080 ± 0.082 <sup>a</sup>
Ácido linoleico (C18:2)	2.266 ± 0.055 <sup>a</sup>	2.411 ± 0.080 <sup>a</sup>
Ácido araquídico (C20:0)	1.311 ± 0.097 <sup>a</sup>	1.397 ± 0.050 <sup>a</sup>

## CONCLUSIONES

La extracción de manteca de cacao utilizando el método de prensado hidráulico en comparación al método de lixiviación por intermedio del aparato soxhlet no presentaron grandes diferencias.

A nivel cualitativo, en el FTIR-MIR se evidenciaron que ambos métodos presentaron similares intensidades para vibraciones moleculares de los grupos funcionales de los ácidos grasos. Por otro lado, a nivel cuantitativo la cromatografía gaseosa determinó que el ácido palmítico, esteárico y oleico presentaron diferencias significativas entre ambos métodos ( $p < 0,05$ ), aunque estas diferencias estuvieron en un rango muy pequeño. Aunque, la temperatura es un factor determinante para la degradación de ácidos grasos, la naturaleza saturada de los mismos posiblemente ofrezca una gran resistencia a su deterioro. Aunque el prensado hidráulico es un método de extracción estático, se recomienda realizar estudios de comparación de prensado en frío continuo versus la extracción por lixiviación donde los rendimientos sean muy similares.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Anoraga, S., Wijanarti, S., & Sabarisman, I. (2019). Effect of extraction time and pressing temperature on characteristic of cocoa powder quality. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 355, 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/355/1/012050>
- [2] Chatib, O.C., Sandra, S., & Asbani, H.M. (2015) Study of Equipment Presses of Cocoa Powder (Theobroma cacao,L) to Produce Quality Fat Cocoa and Analysis of the Resulting Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol, 5, 510. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.5.6.647>
- [3] Beg, S., Ahmad, S., Jan, K., & Bashir, K. (2017). Status, supply chain and processing of cocoa – A review. Trends in Food Science & Technology, 66, 108-116. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.007>
- [4] Berg, J.M., Tymoczko, J.L. and Stryer, L. (2002). Biochemistry. New York: W.H. Freeman.
- [5] Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K.H., & Oomah, B.D. (2018). Cocoa (Theobroma cacao L.) pod husk: renewable source of bioactive compounds. Trends in Food Science & Technology, 81, 172-184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>

- [6] ICCO (Organización Internacional del Cacao). (2019). Boletín trimestral de estadística del cacao agosto 2019. Abidjan, CI. Disponible en <https://www.icco.org/about-us/icco-news/411-august-2019-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics.html>
- [7] Indarti, E. (2007). Efek Pemanasan terhadap Rendemen Lemak pada Proses Pengepresan Biji Kakao. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(2), 50-54.
- [8] Lipp, M., Simoneau, C., Ulberth, F., Anklam, E., Crews, C., Brereton, P., de Greyt W., Schwack, W., & Wiedmaier, C. (2001). Composition of genuine cocoa butter and cocoa butter equivalents. *J. Food Compos. Anal.*, 14, 399–408. <https://doi.org/10.1006/jfca.2000.0984>
- [9] Mandrile, L., Barbosa-Pereira, L., Sorensen, K.M., Giovannozzi, A.M., Zeppa, G., Engelsens, S.B., & Rossi, A.M. (2019). Authentication of cocoa bean shells by near- and mid-infrared spectroscopy and inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy. *Food Chemistry*, 292, 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.008>
- [10] Mustiga, G.M., Morrissey, J., Stack, J.C., DuVal, A., Royaert, S., Jansen, J., Bizzotto, C., Villela-Dias, C., Mei, L., Cahoon, E.B., Seguíne, E., Marelli, J.P. & Motamayor, J.C. (2019). Identification of Climate and Genetic Factors That Control Fat Content and Fatty Acid Composition of *Theobroma cacao* L. Beans. *Front. Plant Sci.*, 10, 1159. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01159>
- [11] Naik, B., & Kumar, V. (2014). Cocoa butter and its alternatives: A review. *J. Biores. Eng. Technol.*, 1, 7-17.
- [12] Ostrowska-Ligęza, E., & Dolatowska-Żebrowska, K., & Wirkowska-Wojdyła, M., Bryś, J., & Górska, A. (2021). Comparison of Thermal Characteristics and Fatty Acids Composition in Raw and Roasted Cocoa Beans from Peru (Criollo) and Ecuador (Forastero). *Applied Sciences*, 11, 2698. <https://doi.org/10.3390/app11062698>
- [13] Okiyama, D.C.G., Navarro, S.L.B., & Rodrigues, C.E.C. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007>
- [14] Rahma, N. H., & Ahmad, Y.B.P. (2017). Determination of Total Yield, Lightness and Greenish Performance of Grass Jelly Powder (*Premna oblongifolia*) using Various Drying Temperature. *J. Teknol. Pangan* 1:25–7.
- [15] Rubio-Diaz, D.E., & Rodriguez-Saona, L.E. (2010). Application of Vibrational Spectroscopy for the Study of Heat-Induced Changes in Food Components. *Handbook of Vibrational Spectroscopy*. The Ohio State University, Ohio, United States of American. 46 p. <https://doi.org/10.1002/0470027320.s8942>
- [16] Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J., & Crouch, S.R. (2015). *Fundamentos Química Analítica*. México. Cengage Learning. 958 p.
- [17] Vega, C., & Kwik-Urbe, C. (2012). *Theobroma cacao—An Introduction to the Plant, Its Composition, Uses, and Health Benefits*. *Cocoa Butter and Related Compounds*, 35–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9830791-2-5.50005-0>
- [18] Widayat, H.P. (2013). Quality Improvement Of Cocoa Powder Through Fat Extraction And Alkalisiation Process. *J. Teknol. dan Ind. Pertan. Indones*, 5, 12–6.
- [19] Torres-Moreno, M., Torrescasana, E., Salas-Salvadó, J., & Blanch, C. (2015). Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chem*, 166, 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.141>