



**Efecto de los parámetros de hidrogenación sobre la composición de los ácidos grasos del aceite de palma híbrido oxg (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*).**

**Effect of hydrogenation parameters on the fatty acid composition of oxg hybrid palm oil (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*).**

Juana María Muñoz Espino  
jmme3264@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-6491-8174>  
Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

Jaime Eduardo Basilio Atencio  
jaime.basilio@unas.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0002-7006-7724>  
Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

Víctor Erasmo Sotero Solis  
vsoteros@unia.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0002-3562-605X>  
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA)

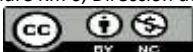
Roberto Dávila-Trujillo  
robertodavila70@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-7555-6300>  
Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

Manuel Mario Chuyma-Tomaylla  
mchuymat@unia.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0002-7833-0267>  
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA)

Pablo Pedro Villegas Panduro  
pablo\_villegas@unu.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0001-9300-8113>  
Universidad Nacional de Ucayali (UNU)

**Resumen**

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de los parámetros de hidrogenación sobre la composición de los ácidos grasos del aceite de palma híbrido OxG; los frutos fueron recolectadas en la estación experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ubicado en el Km 44 de la Carretera Federico Basadre, Ucayali y analizados en los laboratorios de la Universidad Nacional





Intercultural de la Amazonía. Se seleccionaron los frutos por su estado de madurez, posteriormente se realizó la caracterización del fruto y la extracción del aceite e hidrogenación a temperaturas de 125, 150 y 175 °C por los tiempos de 30 y 60 minutos y presiones de 1 y 3 Atm, y los diferentes análisis fisicoquímicos en el aceite hidrogenado. Se aplicó un DCA con arreglo factorial 3x2x2. Los datos fueron procesados con el programa STATGRAPHICS Centurión XV. El punto de fusión cumplió con los requisitos establecidos, mientras que los ácidos grasos se vieron afectados por la hidrogenación del aceite de palma híbrido OxG siendo el ácido Oleico el que cumplió con lo requerido por las normas técnicas establecidas. Asimismo, en los diferentes análisis del aceite hidrogenado, T<sub>3</sub> fue el mejor tratamiento en densidad con una media de  $0,92 \pm 0,01$  g/cm<sup>3</sup>; T<sub>3</sub> y T<sub>8</sub> para el índice de acidez ( $0,633 \pm 0,057\%$ ); T<sub>1</sub> para índice de yodo con una media de  $41,0 \pm 3,60$  g I/100 g aceite; para el índice de saponificación los mejores tratamientos fueron T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> con una media de  $187,667 \pm 0,577$  mg KOH/g; para el índice de refracción T<sub>1</sub> con una media de  $1,46 \pm 0,002$ ; para el punto de fusión T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>8</sub> cumplen con los requisitos del CODEX ALIMENTARIUS.

**Palabras claves:** Palma aceitera, aceite híbrido, punto de fusión, ácidos grasos.

### Abstract

The objective of the research was to evaluate the effect of hydrogenation parameters on the fatty acid composition of OxG hybrid palm oil, the fruits were collected at the experimental station of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA) located at Km 44 of the Federico Basadre Highway, Ucayali and analyzed in the laboratories of the National Intercultural Amazon University. The fruits were selected based on their maturity state, subsequently fruit characterization and oil extraction were carried out, followed by hydrogenation at temperatures of 125, 150, and 175 °C for durations of 30 and 60 minutes, under pressures of 1 and 3 atm. various physicochemical analyses of the hydrogenated oil were carried out. A DCA with a 3x2x2 factorial arrangement was applied. The data were processed using the STATGRAPHICS Centurion XV software. The melting point complied with the established requirements, while the fatty acids were affected by the hydrogenation of the OxG hybrid palm oil, Oleic acid being the one that complied with the requirements of the established technical standards. Additionally, in the different analyses of the hydrogenated oil, T<sub>3</sub> was the best treatment in terms of density, with an average of  $0,92 \pm 0,01$  g/cm<sup>3</sup>; T<sub>3</sub> and T<sub>8</sub> for acidity index ( $0,633 \pm 0,057\%$ ); T<sub>1</sub> for iodine value with an average of  $41,0 \pm 3,60$  g I/100 g oil; for the saponification index, the best treatments were T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub> with an average of  $187,667 \pm 0,577$  mg KOH/g; for the refractive index, T<sub>1</sub> with an average of  $1,46 \pm 0,002$ ; for the melting point, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, and T<sub>8</sub> comply with CODEX ALIMENTARIUS requirements.

**Keywords:** Oil palm, hybrid oil, melting point, fatty acids.

### Introducción

La palma aceitera es una especie comúnmente cultivada y dispersada en nuestra zona debido a los aceites que se encuentran en sus frutos. El negocio de aceites y grasas se ha interesado cada vez más por el aceite de palma debido al reciente y espectacular crecimiento de su producción en todo el mundo. El mesocarpio fresco del fruto de la palma se utiliza para fabricar aceite de palma crudo, que está contaminado con trazas de sustancias no deseadas, como fibras del mesocarpio, ácidos grasos libres





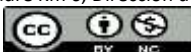
(FFA), fosfolípidos, metales traza, productos de oxidación y compuestos odoríferos. Por lo tanto, como consecuencia, el aceite de palma normalmente se refina para obtener un producto estable, que puede utilizarse para consumo directo o para formulación de productos comestibles (Barison, 2005).

El papel que desempeñan las grasas y los aceites en la dieta de una persona es importante, y además contribuyen a hacer los alimentos más apetecibles. La existencia de redes cristalinas que se hunden en grasas y aceites mejora notablemente la textura, la estabilidad y la aceptación de los productos alimenticios grasos. Por ello, el producto elaborado a partir del aceite de palma y sus subproductos, como la oleína de aceite de palma y la estearina de aceite de palma, son cada vez más necesarios como materia prima para producir aceite de palma y una opción competitiva para los fabricantes de alimentos en la fabricación de ácidos grasos como margarinas, mantecas y grasas para freír (Pantzaris, 2000).

Según Mondragón y Pinilla (2015), el aceite que se produce contiene alta concentración de ácido oleico, que es considerado como cardioprotector. La producción de productos primarios sigue siendo una situación, que no permite el desarrollo industrial del país, es por eso que, en cuanto a la industria oleaginosa, el Perú, cuenta con suficientes recursos materiales y técnicos como para llegar a industrializar los aceites y obtener productos terminados y estar en condiciones de comercializarlos a nivel nacional e internacional. En la actualidad solo se está produciendo y comercializando el aceite de palma sin refinar, y se requiere una planta que realice los procedimientos hasta la Inter esterificación a gran escala para alimentar a la industria de grasas y aceites.

La tecnología más utilizada en los aceites comestibles es la hidrogenación de los aceites vegetales. Durante este proceso se eliminan o saturan los dobles enlaces de los triglicéridos que los componen. Los catalizadores de níquel más populares (20-25%) para esta aplicación suelen estar soportados sobre materiales con áreas superficiales elevadas, como la sílice o la alúmina. Cuando se utilizan catalizadores basados en metales nobles, las condiciones de reacción suelen ser moderadas y dependen del tipo de aplicación (grado de saturación del producto) (Fernández et al., 2015).

Los ácidos grasos constituyen aproximadamente el 90-96% del peso molecular de las moléculas de triglicéridos. Los ácidos grasos pueden encontrarse en la naturaleza como moléculas independientes o como componentes de lípidos, que son compuestos mucho más grandes y complejos. La cadena hidrocarbonada (R), denotada por R-COOH, y el grupo carboxilo constituyen los ácidos grasos libres (Martin y Molina, 2010). En la industria de aceites y grasas, la hidrogenación es un procedimiento





crucial que convierte los aceites en grasas semisólidas o poliméricas, al tiempo que aumenta la estabilidad oxidativa de los aceites (Nawar, 1996).

## **Materiales y métodos**

### ***Lugar de ejecución***

La estación experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en el km 44 de la carretera Federico Basadre, Ucayali, con coordenadas 8°32'23"S 74°52'32"O a 215 msnm, y los laboratorios de química orgánica y bioquímica de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA), en el distrito de Yarinacocha, carretera San José km 0,5, Puerto Callao, con coordenadas 8°20'53''S 74°35'27''W a 153 msnm fueron los sitios de la investigación.

### ***Materia prima***

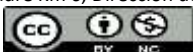
Las muestras de palma híbrido OxG fueron colectadas en el sitio experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicado en la región Ucayali, en el kilómetro 44 de la carretera Federico Basadre, teniendo en cuenta el estado de madurez del fruto de palma.

### ***Equipos***

Reactor Parr, Presión de ajuste 22 Mpa, Temperatura de ajuste 350°C, Velocidad de agitación 50-1 000 Rpm, Capacidad 1L, Potencia de calefacción 1,5 kw, Potencia de calefacción 1,5 kw, Calefacción eléctrica, Válvula de entrada de gases de acero inox. Válvula de salida de gas, Válvula de salida de líquidos, Agujero de medición de Temperatura, Medidor de alta presión, Válvula de seguridad, Dispositivo de control). Balanza analítica Sartorius modelo ENTRIS224I-1S). Estufa Memmert T° máx. 300°C modelo UF30 PLUS. Equipo soxhlet Gerhardt. Cocinas Euro-sun. Equipo de titulación de ácido base. Baño maría marca AKMLAB.

### ***Materiales de vidrio y otros***

Placas petri; pipetas; luna de reloj; vasos de precipitación de 5 mL, 50 mL, 100 mL, 500 mL, 1000 mL; pinzas; desecador (campana de vidrio); tubos capilares; parafilm; pipetas volumétricas de 10 mL y 50 mL, marca Brand; probetas graduadas de 50 mL y 100 mL; micropipetas; fiola volumétrica de 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL; picnómetro; embudos; puntas para micropipetas; papel aluminio; papel filtro N°40; papel toalla.





### ***Reactivos y solventes***

Níquel al 1% marca Unichema Chemie; alcohol ( $C_2H_6O$ ) al 96%; fenoltaleína al 1% marca Scharlau, éter de petróleo marca Biopack, ácido clorhídrico al 0,5N marca Merck, ioduro de potasio al 15% marca ICN Biomedicals Inc., hidróxido de potasio al 0,1N marca Scharlau, hexano marca Baker analyzed; reactivo de wijs al 0,1N marca Biopack; ácido clorhídrico al 0,5N marca; tiosulfato de sodio al 0,1N marca Biopack; cloroformo marca Biopack.

### ***Análisis fisicoquímicos***

Los análisis de Gravedad específica, Índice de acidez, Humedad, índice de yodo, índice de saponificación y refracción se realizaron por el método descrito por Infantes (Infantes, 2014).

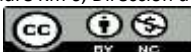
### ***Características fisicoquímicas y tecnológicas del aceite hidrogenado***

Los análisis de punto de fusión y ácidos grasos se evaluaron antes y después de la hidrogenación del aceite según lo descrito por Sotero Solís et al. (2001):

- **Punto de fusión:** Mediante una rápida inspección visual de la muestra y anotando la temperatura a la que se volvió completamente translúcida, se determinó el punto de fusión (PM) del material.
- **Ácidos grasos:** Tras introducir el vial en el autosampler del cromatógrafo de gases y programar el aparato, se midió el contenido de ácidos grasos metilados utilizando el software del aparato y se proporcionó como porcentaje relativo.

### ***Extracción y caracterización del aceite de palma híbrido OxG***

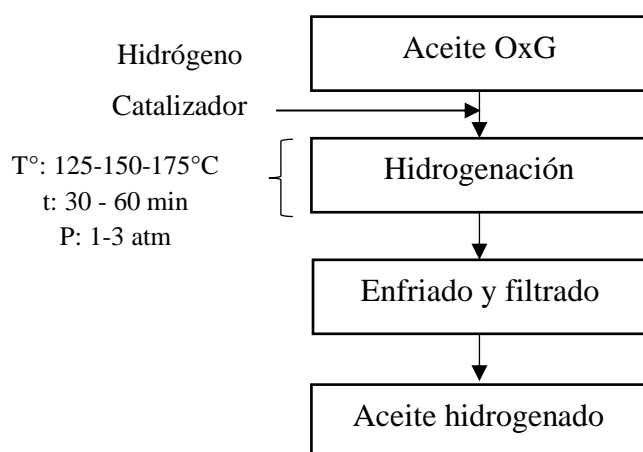
La extracción del aceite se realizó según el método descrito por Valencia (2018) y la caracterización del aceite de palma con el método descrito por Infantes (Infantes, 2014). Los frutos de la palma aceitera híbrido OxG se recolectaron en la estación experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), situada en el km 44 de la carretera Federico Basadre. Luego fueron enviados a la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía para su análisis y extracción del aceite. El Manual Internacional de Métodos Oficiales de Análisis (AOAC) recomienda utilizar 50 g de pulpa y cáscara de fruta de palma para cada serie cuando se utiliza el método Soxhlet para extraer aceite.





### ***Hidrogenación del aceite de palma híbrido OxG***

La hidrogenación del aceite de palma híbrido OxG se realizó en un reactor Parr de 1 L, según el método descrito por Sotero Solís et al. (2001). Utilizando aceite de palma híbrido OxG, se realizaron tres procesos de hidrogenación a las siguientes temperaturas en un reactor Parr de 1 L: 125 °C a 1 atm/30 min (GH<sub>3</sub>), 150 °C a 1 atm/30 min (GH<sub>2</sub>) y 175 °C a 3 atm/60 min (GH<sub>1</sub>). El reactor disponía de un serpentín interno de refrigeración y agitación. Como se indica en el diagrama siguiente, una vez finalizado el proceso reactivo, el aceite se enfría y se filtra para eliminar el catalizador, que suele ser níquel y puede volver a utilizarse (Figura 1).



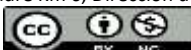
**Figura 1.** Representación del flujo en la hidrogenación del aceite híbrido OxG.

Después de haber obtenido el aceite hidrogenado se realizaron los análisis fisicoquímicos y con los mejores resultados se procedió a determinar el de punto de fusión y ácidos grasos.

## **Resultados y discusión**

### ***Características del aceite de palma híbrido OxG antes de la hidrogenación***

En la Tabla 1 se reporta los resultados de las características morfológicas del fruto de palma híbrido OxG.





**Tabla 1**  
*Características morfológicas del fruto OxG*

Características	Unidad	Valor
Peso del fruto	g	11,13 ± 1,28
Longitud del fruto	mm	32,11 ± 2,35
Diámetro ecuatorial del fruto	mm	21,99 ± 2,11
Cáscara	g	1,23 ± 0,20
Pulpa	g	3,77 ± 0,68
Nuez	g	5,37 ± 1,03
Diámetro polar de la nuez	mm	22,85 ± 1,88
Diámetro ecuatorial de la nuez	mm	17,06 ± 2,53

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 30

Se observa en la Tabla 1 las características morfológicas del fruto de palma híbrido OxG maduro, se muestra que los pesos de los frutos presentan un promedio de 11,13 ± 1,28 g, valores cercanos a los presentados por Díaz y Ávila (2002) el peso del fruto *Oenocarpus bataua* C. Martius fue de 12,20 g; asimismo la longitud del fruto fue 32,11 ± 2,35 mm y 21,99 ± 2,11 mm para el diámetro ecuatorial. Gómez et al. (1996) afirman que los frutos tienen dimensiones de 3-7 cm de longitud y 2-3 cm de anchura, que coinciden con los valores medios hallados en 30 muestras elegidas al azar.

**Tabla 2**  
*Características fisicoquímicas del aceite híbrido OxG.*

Análisis	Unidad	Valor
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0,91 ± 0,01
Índice de acidez	%	0,37 ± 0,06
Humedad y materia volátil	%	0,25 ± 0,01
Índice de yodo	g I/100 g aceite	50,67 ± 0,58
Índice de saponificación	mg KOH/g	200,67 ± 0,58
Índice de refracción		1,454 ± 0,004
Punto de fusión	°C	17,33 ± 0,58
Aceite OxG	%	81,79 ± 4,06

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3

Por otro lado, Corley y Tinker (2003) mencionan que el fruto de la palma aceitera es una drupa sésil con una longitud de 2 a 5 cm y una variedad de formas, entre ellas esférica, ovoide y alargada; se puede afirmar que los frutos de palma híbrido OxG presentaron una forma ovoide y la longitud del fruto es similar a lo descrito por los autores. Asimismo, el peso de la cáscara fue de 1,23 ± 0,20 g; mientras que para la pulpa fue de 3,77 ± 0,68 g, para la longitud de la nuez fue de 22,85 ± 1,88 mm y para el diámetro





ecuatorial fue de  $17,06 \pm 2,53$  mm, estos valores indicaría un buen porcentaje para la extracción del aceite.

Se observa en la Tabla 2 los análisis fisicoquímicos realizados para la caracterización fisicoquímica del aceite de palma híbrido OxG y se obtuvieron los siguientes resultados: La densidad del aceite fue de  $0,91 \pm 0,01 \text{g/cm}^3$  el cual se acercó a los valores establecidos por el Codex Alimentarius (1978) que es de  $0,900 - 0,907 \text{g/cm}^3$ . (Shahidi, 2005) sugiere que la temperatura, los componentes menores y la composición en ácidos grasos de los aceites líquidos influyen en su densidad. Además, muestra que los aceites líquidos suelen tener un peso específico de entre  $0,911$  y  $0,923 \text{g/cm}^3$ . El índice de acidez fue de  $0,37 \pm 0,06\%$ . Malacrida y Jorge (2012) y Ferrari et al. (2004) indican que los valores en el índice de acidez para el aceite de semilla de maracuyá extraído con disolvente de etanol fueron  $2,35$  y  $1,34\%$ , respectivamente. Asimismo, el Codex Stan (1981), impone un límite máximo del  $2\%$  a los aceites crudos obtenidos por prensado en frío. Podemos confirmar que el aceite híbrido OxG se ajusta a las especificaciones de las normas y que sus valores son similares a los facilitados por los autores mencionados. Por otro lado, Shahidi (2005) explica cómo se utiliza esta propiedad química de los aceites para medir qué cantidad de los triglicéridos que componen el aceite se convierten en ácidos grasos libres. Según el mismo autor, tanto la temperatura como el contenido de humedad del aceite pueden contribuir a la producción de ácidos grasos. La humedad y materia volátil obtuvieron un valor de:  $0,25 \pm 0,01\%$  en el aceite de palma híbrido OxG. Asimismo, estos datos concuerdan por lo reportado de Acuña et al. (2019) para el aceite de palma código fortuna. Por lo tanto, este aceite es adecuado porque cumple con las especificaciones requeridas. El índice de yodo del aceite de palma híbrido OxG extraído fue de  $50,67 \pm 0,58 \text{g I/100g}$  aceite, según los rangos establecidos por la norma debe encontrarse entre  $50 - 55 \text{g I/100g}$  aceite, por tanto, el valor obtenido se encuentra dentro de los parámetros establecidos y que cumple con la norma establecida. El índice de saponificación para el aceite obtenido fue de  $200,67 \pm 0,58 \text{mg KOH/g}$  aceite, indicando que es posible su uso en la industria de jabones, en la cual se exige un valor de  $190 - 209 \text{mg KOH/g}$ . El índice de refracción fue de  $1,454 \pm 0,004$  del aceite obtenido, según los rangos establecidos debe encontrarse entre  $1,454 - 1,456$ , por tanto, el valor obtenido cumple con la norma establecida según el Codex Stan (1999). Los índices de refracción de los distintos aceites suelen oscilar entre  $1,447$  y  $1,482$  (Shahidi, 2005). Todos los valores de índice de refracción obtenidos mediante experimentación se encuentran dentro del intervalo especificado. El punto de fusión posee un valor de  $17,33 \pm 0,58^\circ\text{C}$ . Tang y Hooh (1994) y Ariffin (1994) mencionan que el punto de fusión debe estar en







un intervalo de 35,5 a 45°C para el aceite de palma, entonces los valores de temperatura en el punto de fusión para el aceite de palma híbrido OxG están por debajo a los valores sugeridos. Por otro lado, Badui (2006) sostiene que, aunque los aceites con un alto nivel de insaturación son más propensos a la isomerización y a la fragmentación del doble enlace cuando no se cuidan las condiciones durante el calentamiento, suelen tener un punto de fusión más bajo que los equivalentes con ácidos grasos totalmente saturados. El rendimiento del aceite obtenido por el método de extracción Soxhlet fue de  $81,79 \pm 4,06\%$ , estos valores son superiores al aceite de moringa extraído por el método de Soxhlet que obtuvo un valor de 55,10% descrito por Valencia (2018), entonces se afirma que el aceite de palma híbrido OxG cumple con los requisitos indispensables para la extracción del aceite y ciertos factores como edad del cultivo, peso de la pulpa, tiempos exactos para la extracción, tipo de solvente. Además, es importante señalar que los resultados cumplen con los Métodos estándar para el análisis de Aceites, Grasas y Derivados (1985 - 1990), esto indicaría que el aceite de palma híbrido OxG cumple con las características específicas que requiere los análisis.

En el Tabla 3 se reporta los resultados para el análisis de los ácidos grasos del aceite de palma híbrido OxG.

**Tabla 3**

*Composición de ácidos grasos del aceite híbrido OxG.*

Ácido palmítico (C 16: 0)	Ácido esteárico (C 18: 0)	Ácido Oleico (C 18:1)	Ácido Linoleico (C 18:2)
30,5 ± 0,07	9,9 ± 0,14	50,7 ± 0,11	4,3 ± 0,07

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3

Se observa en la Tabla 3 los valores de los ácidos grasos presentes en el aceite de palma híbrido OxG que varió con un promedio de  $30,5 \pm 0,07$  de ácido palmítico; asimismo presentó una media de  $9,9 \pm 0,14$  para el ácido esteárico; para el ácido oleico presentó una media de  $50,7 \pm 0,11$  y para el ácido linoleico presentó una media de  $4,3 \pm 0,07$ , valores que no están dentro de la norma del Codex Alimentarius (1997) Por otro lado, Tang y Hooh (1994) y Ariffin (1994) mencionan que la composición en ácidos grasos del aceite de palma debe cumplir con los parámetros establecidos de acuerdo a la siguiente tabla:

Entonces se puede afirmar que los ácidos grasos presente en el aceite de palma híbrido OxG no cumple con los requisitos establecidos por los autores. Asimismo, la NTC (2009) afirma que los rangos establecidos por los autores anteriores son iguales para los ácidos grasos en los aceites, dando lugar que





el aceite de palma híbrido OxG no cumple con las normas establecidas ya que los valores son superiores a lo requerido.

**Tabla 4**

*Rangos normales para el perfil de ácidos grasos en el aceite de palma.*

Ácidos Grasos	Rango
Acido Palmítico (C16:0)	41,8 - 46,8%
Acido Esteárico (C18:0)	4,5 - 5,1%
Ácido Oleico (C18:1)	37,3 - 40,8%
Acido Linoleico (C18:2)	9,1 - 11%

**FUENTE:** Tang y Hooh (1994) y Ariffin, (1994)

### Características fisicoquímicas y tecnológicas del aceite hidrogenado

En el Tabla 5 se reportaron los resultados de la comparación múltiple de medias de Tukey para la densidad del aceite hidrogenado por tratamiento (interacción de los factores: Temperatura, presión y tiempo).

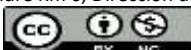
**Tabla 5**

*Comparación múltiple de medias de Tukey para la densidad en el aceite hidrogenado.*

Tratamiento	Cantidad	g/cm <sup>3</sup>		
T <sub>3</sub> (125 °C, 60 min, 1atm)	3	0,92	± 0,01	a
T <sub>4</sub> (125 °C, 60min, 3atm)	3	0,916	± 0,005	b
T <sub>12</sub> (175 °C, 60min, 3atm)	3	0,913	± 0,011	b
T <sub>11</sub> (175 °C, 60min, 1atm)	3	0,906	± 0,005	c
T <sub>7</sub> (150 °C, 60min, 1atm)	3	0,91	± 0,01	d
T <sub>2</sub> (125 °C, 30min, 3atm)	3	0,91	± 0,01	d
T <sub>1</sub> (125 °C, 30min, 1atm)	3	0,91	± 0	e
T <sub>10</sub> (175 °C, 30min, 3atm)	3	0,91	± 0	e
T <sub>8</sub> (150 °C, 60min, 3atm)	3	0,91	± 0	e
T <sub>9</sub> (175 °C, 30min, 1atm)	3	0,91	± 0	e
T <sub>5</sub> (150 °C, 30min, 1atm)	3	0,89	± 0	f
T <sub>6</sub> (150 °C, 30min, 3atm)	3	0,89	± 0	f

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

Se observa que existe diferencias estadísticamente significativas ( $P_v < 0,05$ ) en la densidad del aceite hidrogenado teniendo en cuenta los factores de temperatura, presión y tiempo; siendo la que presentó mayor densidad ( $0,92 \pm 0,01$  g/cm<sup>3</sup>) para el T<sub>3</sub> cabe señalar que estos valores se encuentran en el rango normado por el Codex Stan (1981). Por otro lado, Consuelo (2012) menciona que el aceite de soja hidrogenado presentó una menor densidad de  $0,8693$  g/cm<sup>3</sup>, por su naturaleza, es un aceite muy ligero y rico en ácidos grasos.





En el Tabla 6 se reportan los resultados de la comparación múltiple de medias de Tukey para el índice de acidez en el aceite hidrogenado por tratamiento (interacción de los factores: Temperatura, presión y tiempo).

**Tabla 6**

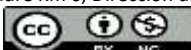
*Comparación múltiple de medias de Tukey para el índice de acidez en el aceite hidrogenado.*

	Tratamiento	Cantidad	%		
T <sub>3</sub>	(125 °C, 60min, 1atm)	3	0,633	±	0,057 <sup>a</sup>
T <sub>8</sub>	(150 °C, 60min, 3atm)	3	0,633	±	0,057 <sup>a</sup>
T <sub>4</sub>	(125 °C, 60min, 3atm)	3	0,6	±	0 <sup>a</sup>
T <sub>1</sub>	(125 °C, 30min, 1atm)	3	0,566	±	0,057 <sup>b</sup>
T <sub>2</sub>	(125 °C, 30min, 3atm)	3	0,566	±	0,057 <sup>b</sup>
T <sub>6</sub>	(150 °C, 30min, 3atm)	3	0,533	±	0,057 <sup>c</sup>
T <sub>7</sub>	(150 °C, 60min, 1atm)	3	0,533	±	0,115 <sup>c</sup>
T <sub>5</sub>	(150 °C, 30min, 1atm)	3	0,466	±	0,057 <sup>d</sup>
T <sub>10</sub>	(175 °C, 30min, 3atm)	3	0,3	±	0 <sup>e</sup>
T <sub>11</sub>	(175 °C, 60min, 1atm)	3	0,3	±	0 <sup>e</sup>
T <sub>12</sub>	(175 °C, 60min, 3atm)	3	0,3	±	0 <sup>e</sup>
T <sub>9</sub>	(175 °C, 30min, 1atm)	3	0,266	±	0,057 <sup>f</sup>

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

Se observa en el cuadro que existe diferencias estadísticamente significativas ( $P_v < 0,05$ ) en el índice de acidez del aceite hidrogenado, siendo los T<sub>3</sub> y T<sub>8</sub> que presentaron una media de  $0,633 \pm 0,057\%$ , esto indicaría que estos valores cumplen con lo requerido por el Codex Stan-87/17, siendo los valores permitidos de 0,6%. La ruptura de los enlaces peptídicos de los ácidos grasos en los triglicéridos provoca la hidrólisis de los ácidos grasos, que se forman y aparecen como ácidos grasos libres. Este proceso es el que confiere a los aceites y grasas su índice de acidez (Gardner, 1985). Asimismo, Adrián et al. (2000) mencionan que la acidez es un signo de la fase inicial de la degradación de los lípidos, provocada por un cambio en los triglicéridos que da lugar a una hidrólisis química, enzimática o microbiológica en la matriz alimentaria; esto puede ocurrir como resultado de un proceso de extracción, golpes o una manipulación inadecuada.

En el Tabla 7 se reportan los resultados de la comparación múltiple de medias de Tukey para el índice de yodo en el aceite hidrogenado por tratamiento (interacción de los factores: Temperatura, presión y tiempo).





**Tabla 7**

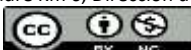
*Comparación múltiple de medias de Tukey para el índice de yodo en el aceite hidrogenado.*

	Tratamiento	Cantidad	g I/100 g aceite			
T <sub>12</sub>	(175 °C, 60min, 3atm)	3	71,0	±	1,0	a
T <sub>9</sub>	(175 °C, 30min, 1atm)	3	70,333	±	1,527	b
T <sub>11</sub>	(175 °C, 60min, 1atm)	3	70,0	±	1,0	b
T <sub>10</sub>	(175 °C, 30min, 3atm)	3	68,333	±	0,577	c
T <sub>7</sub>	(150 °C, 60min, 1atm)	3	57,0	±	0	d
T <sub>6</sub>	(150 °C, 30min, 3atm)	3	56,666	±	0,577	e
T <sub>8</sub>	(150 °C, 60min, 3atm)	3	56,333	±	0,577	e
T <sub>5</sub>	(150 °C, 30min, 1atm)	3	56,0	±	1,0	e
T <sub>4</sub>	(125 °C, 60min, 3atm)	3	51,33	±	1,53	e
T <sub>3</sub>	(125 °C, 60min, 1atm)	3	51,00	±	2,64	f
T <sub>2</sub>	(125 °C, 30min, 3atm)	3	50,33	±	5,51	f
T <sub>1</sub>	(125 °C, 30min, 1atm)	3	41,0	±	3,60	g

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

Se observa en el que existe diferencias estadísticamente significativas ( $P_v < 0,05$ ) en el índice de yodo del aceite hidrogenado, siendo el mejor T<sub>1</sub> con una media de  $41,0 \pm 3,60$  g I/100 g aceite para el análisis del índice de yodo, cabe indicar que estos valores cumplen con la norma del Codex Stan (1999) y siendo el de alto promedio el T<sub>12</sub> con un valor de  $71,0 \pm 1,0$  g I/100 g aceite esto indicaría que son valores muy elevados para el aceite adquirido. Benatmane et al. (2011) indican que la insaturación, el índice de refracción y la densidad son propiedades químicas correlacionadas con el valor del yodo: cuanto mayor es el II, mayor es el IR y mayor es la densidad. Consuelo (2009) menciona que el aceite de soja hidrogenado presentó un índice de yodo con un valor menor de 27,27 g I/100 g aceite, estos valores se asemejan con los parámetros de las normas establecidas. Asimismo, Sotero Solis et al. (2001) determinaron el contenido de yodo en el aceite de castaña a diferentes temperaturas, presión y tiempo de hidrogenación, a 175 °C, 3 atm y 60 min obtuvieron un valor de 23,0 g I/100 g aceite; mientras que para 150 °C, 1 atm y 30 min un valor de 65,2 g I/100 g aceite; y para el aceite hidrogenado a 125 °C, 1 atm y 30 min un valor de 67,9 g I/100 g aceite. Por lo tanto, comparando los diferentes resultados indicados por los autores, los mejores resultados en el aceite de palma híbrido OxG estuvieron para 125°C, 1atm y 30 min., ya que el rango es menor a 50g I/100g aceite.

En el Tabla 8 se reportan los resultados de la comparación múltiple de medias de Tukey para el índice de saponificación en el aceite hidrogenado por tratamiento (interacción de los factores: Temperatura, presión y tiempo).





Se observa en la Tabla 8 que existe diferencias estadísticamente significativas ( $P_v < 0,05$ ) en el índice de saponificación del aceite hidrogenado, siendo los mejores resultados para los tratamientos: T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, con una media de  $187,667 \pm 0,577$  mg KOH/g, esto indicaría que cumple con lo establecido por el Codex Stan (1999). Asimismo, Sotero Solis et al. (2001) determinaron el índice de saponificación en el aceite de castaña a diferentes temperaturas, presión y tiempo de hidrogenación, a 175 °C, 3 atm y 60 min obtuvieron un valor de 189,1 mg KOH/g; mientras que para 150 °C, 1 atm y 30 min un valor de 187,5 mg KOH/g; y para el aceite hidrogenado a 125 °C, 1 atm y 30 min, un valor de 192,8 mg KOH/g. Por lo tanto, se puede afirmar por los autores que los mejores resultados en el aceite de palma híbrido OxG estuvieron en 125 °C, 1-3atm y en un tiempo de 30-60 min.

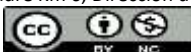
**Tabla 8**

*Comparación múltiple de medias de Tukey para el índice de saponificación en el aceite hidrogenado.*

	Tratamiento	Cantidad	mg KOH/g		
T <sub>9</sub>	(175 °C, 30min, 1atm)	3	193,333	± 3,785	a
T <sub>12</sub>	(175 °C, 60min, 3atm)	3	192,333	± 2,886	b
T <sub>11</sub>	(175 °C, 60min, 1atm)	3	190,667	± 0,577	c
T <sub>10</sub>	(175 °C, 30min, 3atm)	3	189,667	± 0,577	d
T <sub>5</sub>	(150 °C, 30min, 1atm)	3	189,333	± 0,577	d
T <sub>6</sub>	(150 °C, 30min, 3atm)	3	189,0	± 1,0	e
T <sub>7</sub>	(150 °C, 60min, 1atm)	3	189,0	± 1,0	e
T <sub>4</sub>	(125 °C, 60min, 3atm)	3	188,667	± 0,577	f
T <sub>3</sub>	(125 °C, 60min, 1atm)	3	187,667	± 0,577	f
T <sub>1</sub>	(125 °C, 30min, 1atm)	3	187,667	± 0,577	f
T <sub>2</sub>	(125 °C, 30min, 3atm)	3	187,333	± 0,577	f
T <sub>8</sub>	(150 °C, 60min, 3atm)	3	186,667	± 5,773	g

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

En el Tabla 9 se reporta los resultados de la comparación múltiple de medias de Tukey para el índice de refracción en el aceite hidrogenado por tratamiento (interacción de los factores: Temperatura, presión y tiempo). Se observa que existe diferencias estadísticamente significativas ( $P_v < 0,05$ ) para el análisis del índice de refracción en el aceite hidrogenado, indicando el mejor tratamiento del análisis fue el T<sub>1</sub> con un valor de  $1,46 \pm 0,002$ , esto indicaría que estos valores satisfacen los requisitos de las normas del Codex Stan (1999). Además, es un buen tratamiento para la elaboración de otros subproductos a partir del aceite hidrogenado. Tanto la cantidad de ácidos insaturados como el grado de insaturación afectan al índice de refracción de un aceite o grasa (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010). Por otro lado, Paucar-Menacho et al. (2015) realizaron estudios en el aceite de sacha inchi hidrogenado tuvo un IR de  $1,475 \pm 0,001$ , la NTP (2009) establece un IR entre 1,475 y 1,481 a 20 °C, lo que concuerda con las





investigaciones sobre la composición en ácidos grasos. Este análisis es útil para supervisar la progresión de reacciones como la hidrogenación y la isomerización, así como para controlar la calidad y la pureza de los aceites tanto a nivel de laboratorio como industrial, también se refiere a la cantidad media de insaturación de los aceites (Karabulut et al., 2003).

**Tabla 9**

*Comparación múltiple de medias de Tukey para el índice de refracción en el aceite hidrogenado.*

Tratamiento	Cantidad	Valor	
T <sub>12</sub> (175 °C, 60min, 3atm)	3	1,643	± 0,005 a
T <sub>11</sub> (175 °C, 60min, 1atm)	3	1,623	± 0,005 b
T <sub>10</sub> (175 °C, 30min, 3atm)	3	1,583	± 0,015 c
T <sub>8</sub> (150 °C, 60min, 3atm)	3	1,58	± 0,01 c
T <sub>4</sub> (125 °C, 60min, 3atm)	3	1,573	± 0,005 d
T <sub>7</sub> (150 °C, 60min, 1atm)	3	1,543	± 0,005 e
T <sub>3</sub> (125 °C, 60min, 1atm)	3	1,523	± 0,005 f
T <sub>2</sub> (125 °C, 30min, 3atm)	3	1,49	± 0,01 g
T <sub>6</sub> (150 °C, 30min, 3atm)	3	1,484	± 0,004 h
T <sub>5</sub> (150 °C, 30min, 1atm)	3	1,474	± 0,001 i
T <sub>9</sub> (175 °C, 30min, 1atm)	3	1,47	± 0,004 i
T <sub>1</sub> (125 °C, 30min, 1atm)	3	1,46	± 0,002 j

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

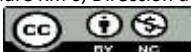
En el Tabla 10 se reportan los resultados de la comparación múltiple de medias de Tukey para el punto de fusión en el aceite hidrogenado por tratamiento (interacción de los factores: Temperatura, presión y tiempo).

**Tabla 10**

*Comparación múltiple de medias de Tukey para el punto de fusión en el aceite hidrogenado.*

Tratamiento	Cantidad	°C	
T <sub>10</sub> (175 °C, 30min, 3atm)	3	61,6667	± 1,5275 a
T <sub>9</sub> (175 °C, 30min, 1atm)	3	60,6667	± 1,1547 b
T <sub>11</sub> (175 °C, 60min, 1atm)	3	59,3333	± 0,5773 c
T <sub>12</sub> (175 °C, 60min, 3atm)	3	58,6667	± 1,1547 d
T <sub>5</sub> (150 °C, 30min, 1atm)	3	45,0	± 0 e
T <sub>6</sub> (150 °C, 30min, 3atm)	3	42,3333	± 0,5773 f
T <sub>8</sub> (150 °C, 60min, 3atm)	3	41,6667	± 0,5773 g
T <sub>7</sub> (150 °C, 60min, 1atm)	3	40,6667	± 0,5773 h
T <sub>1</sub> (125 °C, 30min, 1atm)	3	29,0	± 0 i
T <sub>2</sub> (125 °C, 30min, 3atm)	3	28,6667	± 1,1547 j
T <sub>4</sub> (125 °C, 60min, 3atm)	3	27,6667	± 1,5275 k
T <sub>3</sub> (125 °C, 60min, 1atm)	3	26,6667	± 0,5773 l

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.





Se observa que existe diferencia significativa ( $P_v < 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos en el análisis del punto de fusión. Según el CODEX Alimentarius (1987) sobre el punto de fusión los tratamientos: T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>8</sub> cumplen con los parámetros requeridos en un rango de 31-44°C, cabe señalar que fueron los mejores tratamientos para realizar otros subproductos de alto valor agregado. Asimismo, Sotero Solis et al. (2001) determinaron el punto de fusión en el aceite de castaña a diferentes temperaturas, presión y tiempo de hidrogenación, teniendo en cuenta 175°C, 3 atm y 60 min obtuvieron un valor de 59,9°C; mientras que para 150°C, 1 atm y 30 min obteniendo un valor de 37,8°C; y para el aceite hidrogenado a 125°C, 1 atm y 30 min obteniendo un valor de 36,3 °C. Se puede afirmar con los autores que los mejores resultados en el aceite de palma híbrida OxG estuvieron en 150°C, 1-3 atm y 30-60 min.

En la tabla 11 se reporta los resultados para el análisis de los ácidos grasos en el aceite hidrogenado a diferentes temperaturas.

**Tabla 11**

Composición de ácidos grasos en el aceite híbrido OxG hidrogenado.

Tratamiento	Ácido palmítico (C 16: 0)	Ácido esteárico (C 18: 0)	Ácido Oleico (C 18:1)	Ácido Linoleico (C 18:2)
T <sub>1</sub> (T125°C, 30min, 1atm)	29,82 ± 0,16	13,1 ± 0,14	43,8 ± 0,14	2,4 ± 0,56
T <sub>5</sub> (T150°C, 30min, 1atm)	24,8 ± 0,28	22,7 ± 0,42	36,5 ± 0,70	0 ± 0
T <sub>9</sub> (T175°C, 30min, 1atm)	43,9 ± 0,14	14,3 ± 0,35	24,9 ± 1,27	0 ± 0
T <sub>2</sub> (T125°C, 30min, 3atm)	48 ± 1,00	12,3 ± 0,40	31,7 ± 0,60	8 ± 0,10
T <sub>4</sub> (T125°C, 60min, 3atm)	38 ± 0,90	14 ± 0,30	35 ± 0,20	13 ± 0,10
T <sub>3</sub> (T125°C, 60min, 1atm)	49 ± 0,80	15 ± 0,40	29,7 ± 0,10	6,3 ± 0,10
T <sub>6</sub> (T150°C, 30min, 3atm)	38 ± 0,50	11,8 ± 0,80	35 ± 0,20	14,2 ± 0,30
T <sub>8</sub> (T150°C, 60min, 3atm)	37,9 ± 0,40	9,6 ± 0,40	45 ± 0,40	7,5 ± 0,25
T <sub>7</sub> (T150°C, 60min, 1atm)	32 ± 0,60	9,2 ± 0,25	47 ± 0,30	11,8 ± 0,20
T <sub>10</sub> (T175°C, 30min, 3atm)	47,8 ± 1,00	7,2 ± 0,30	44,5 ± 0,30	0,5 ± 0,08
T <sub>11</sub> (T175°C, 60min, 1atm)	48,2 ± 0,40	13 ± 0,20	35 ± 0,60	3,3 ± 0,20
T <sub>12</sub> (T175°C, 60min, 3atm)	49 ± 0,50	14 ± 0,40	33 ± 0,20	4 ± 0,15

<sup>1</sup> Los datos corresponden a la media ± SD

Se observa en la Tabla 11 los valores de los ácidos grasos presentes en el aceite de palma híbrido OxG hidrogenado siendo los mejores tratamientos: T<sub>1</sub> (125 °C, 30 min, 1 atm) que presentó un valor de 43,8 ± 0,14% y T<sub>5</sub> (150 °C, 30 min, 1 atm) con un valor de 36,5 ± 0,70% para el ácido oleico, cabe señalar que cumple con las NTC (1997) y el Codex Stan (1981) y los demás valores no están dentro de la norma establecida. Asimismo, Sotero Solis et al. (2001) proporciona resultados sobre la composición de ácidos

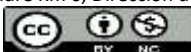




grasos del aceite de castaña hidrogenado obtuvieron como resultado para los tratamientos: 125 y 150°C en un tiempo de 30 minutos y una presión de 1 atm, un valor de 7,9 y 12,5 para el ácido linolénico y los demás valores no cumplen con los parámetros establecidos. Además, la industria alimentaria ha recurrido a los aceites vegetales parcialmente hidrogenados (PHVO) en su lucha por eliminar las grasas animales de los alimentos, principalmente con el fin de prolongar su vida útil, varios estudios han relacionado el consumo de PHVO con el desarrollo de enfermedades coronarias debido al aumento del colesterol de baja y alta densidad (LDL/HDL) (Livingston et al., 2012).

### Conclusiones

Las características del aceite de palma híbrido OxG antes de la hidrogenación en densidad, humedad, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación e índice de refracción, se ajustan a las normas técnicas establecidas; el punto de fusión y los ácidos grasos se vieron afectados por la temperatura, obteniéndose valores alterados que no cumple con los parámetros de las normas técnicas establecidas. Los ácidos grasos en el aceite de palma híbrido OxG hidrogenado se vieron afectados por los parámetros como: temperatura, tiempo y presión; siendo los mejores tratamientos a una temperatura de 125 y 150 °C en un tiempo de 30 minutos y a una presión de 1 atm. obteniéndose el ácido oleico de acuerdo a los parámetros establecidos; mientras que los demás tratamientos mostraron resultados fuera de los límites establecidos. Las características fisicoquímicas y tecnológicas del aceite de palma híbrido OxG hidrogenado tales como densidad, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación, índice de refracción; en los diferentes parámetros de temperatura, tiempo y presión, se obtuvieron buenos resultados a una temperatura de 125 °C, en un tiempo de 30 y 60 min., a una presión de 1 y 3 atm; mientras que para el punto de fusión se obtuvo un mejor resultado a 150 °C en un tiempo de 30 y 60 min, a una presión de 1 y 3 atm cumpliéndose con los requisitos establecidos por las normas técnicas. Asimismo, se recomienda lo siguiente: Utilizar el aceite hidrogenado a 125 - 150°C con un tiempo de 30 - 60 min y una presión de 1atm para la elaboración de otros subproductos en la industria alimentaria. Realizar la Inter esterificación del aceite hidrogenado y con el mejor resultado elaborar margarina. Realizar otros análisis más sofisticados con la finalidad de evaluar profundamente si el aceite es sano para el consumo humano. Realizar otras investigaciones con el aceite hidrogenado del híbrido OxG y darle un valor agregado y realizar los análisis microbiológicos del aceite hidrogenado.

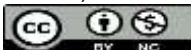






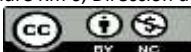
## Referencias bibliográficas

- Acuña, H., Quesada, R., López, M. (2019). Análisis fisicoquímico del aceite crudo de palma proveniente del híbrido interespecífica fortuna en una plantación ubicada en Cabuyaro-Meta. Universidad de los Llanos. Colombia. *Rev Sist Prod Agroecol.* 10,1. 2019.
- Adrián, J., Potus, J., Poiffait, A., Dauvillier, P. (2000). *Análisis nutricional de los Alimentos*, Zaragoza, España, Acribia. ISBN 978-84-200-0919-3
- Ariffin A. (1994). Selected Readings on Palm Oil and Its Uses. *La palma de aceite en malasia: prioridades.* 1994.  
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/649/649>
- Badui, D. S. (2006). Química de los alimentos. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3608>
- Barison, Y. (2005). Palm oil, in. *Wiley Interscience*. <https://www.feedipedia.org/node/15399>
- Benatmane, F., Kouba, M., Youyou, A., Mourot, J. (2011). Effect of a linseed diet on lipogenesis, fatty acid composition and stearoyl-CoA-desaturase in rabbits. *Sciencedirect*. 2011.  
<https://doi.org/10.1017/S1751731111001145>
- Codex Alimentarius. Codex Stan. 17. (1987). Norma del Codex para Aceites Vegetales Especificados. 1987.
- Codex Alimentarius. Codex Stan. 210. (1978). Norma del Codex para Aceites Vegetales Especificados. 1978. <https://www.yumpu.com/es/document/view/14861318/norma-del-codex-para-aceites-vegetales-especificados>.
- Codex Alimentarius. Codex Stan 19. (1981). Norma del Códex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. 1981.  
[https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex\\_Alimentarius/normativa/codex/stan/19-1981.PDF](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/19-1981.PDF)
- Codex Alimentarius. Codex Stan. 210. (1999). Norma del Codex para Aceites Vegetales Especificados. 1999.  
[https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex\\_Alimentarius/normativa/codex/stan/210-1999.PDF](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/210-1999.PDF)
- Codex Alimentarius. Codex Stan. 210. (1997). Norma del Codex para Aceites Vegetales Especificados.
- Consuelo, P. B. (2012). *Cinética de la Inter esterificación Enzimática de Aceites Vegetales*. [Tesis grado de doctor en Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, Argentina]. 2012.  
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/470/TEsISPacheco%202012.pdf?sequence=1&isAllowed=1>
- Corley, R., Tinker, P. (2003). The oil palm. *Scientific Research*. 2003; 562p.  
<https://doi.org/10.1002/9780470750971>.  
[https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex\\_Alimentarius/normativa/codex/stan/17-1987.PDF](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/17-1987.PDF)
- Díaz, J., Ávila, L. (2002). Sondeo del mercado mundial de aceites ceje (*Oneocarpus bataua*). *Biocomercio sostenible*. <http://repositorio.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31484>
- Fernández, M.B., Sánchez, M., Tonetto, D.E, Damiani, T. (2015). Hydrogenation of sunflower oil over different palladium supported catalysts: Activity and selectivity, *Chemical Engineering Journal*, 2015; 155, 941-949 p. <https://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.02.014>





- Ferrari, R., Colussi, F., Ayub, R. (2004). Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá-aproveitamento das sementes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2004; 26 (1), 101-102p. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000100027>
- Gardner, H. (1985). Mechanism of linoleic acid hydroperoxide reaction with alkali. *Lipids*, 1985; 31, 1023-1028p.
- Gómez, D., Lebrum, L., Paymal, N., Soldi, A. (1996). *Manual práctico, Serie de manuales de palmas útiles amazónicas*, Quito – Ecuador. [https://books.google.com.pe/books/about/Palmas\\_%C3%BAtiles\\_en\\_la\\_provincia\\_de\\_Pastaz.html?id=f1tjAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Palmas_%C3%BAtiles_en_la_provincia_de_Pastaz.html?id=f1tjAAAAMAAJ&redir_esc=y)
- Infantes, M. (2014). *Evaluación del tratamiento enzimático para la extracción mecánica del aceite vegetal de las semillas de maracuyá (Passiflora edulis var. Flavicarpa Degener)*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de La Molina]. Repositorio La Molina. 2014. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2423/Q52-I553-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Karabulut, I., Kayahan, M., Yaprak, S. (2003). Determination of changes in some physical and chemical properties of soybean oil during hydrogenation. *Food Chemistry*, 2003; 81, 453-456p. <https://doi.org/10.1016/S0308-81460200397-7>
- Livingston, K.M., Lovegrove, J.A., Givens, D.I. (2012). The impact of substituting SFA in dairy products with MUFA or PUFA on CVD risk: Evidence from human intervention studies. *Nutrition Research Reviews*, 2012; 25, 193-206p. <https://dx.doi.org/10.1017/S095442241200011X>
- Malacrida, C., Jorge, N. (2012). Yellow Passion Fruit Seed Oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): Physical and Chemical Characteristics. *Brazilian archives of Biology and Technology*. 2012; 55(1), 127-134p. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000100016>
- Martín, I., Molina, M. (2010). Ácidos grasos polinsaturados omega 3 e omega-6 importancia e ocorrência em alimentos. *Revista de nutrição, Campinas*. 2010.
- Ministério da Pesca e Aquicultura. (Febrero, 2010). Boletín Estadística 2008 e 2009. [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est\\_2010\\_nac\\_boletim.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2010_nac_boletim.pdf)
- Mondragón, A., Pinilla, C. (2015). Aceite de palma alto oleico: propiedades fisicoquímicas y beneficios para la salud humana. *Palmas*. 2015; 23 (4), 56-77 p. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11645>
- Nawar, W. (1996). In: Fennema, O. (ed). *Food Chemistry*. 2nd. ed. Marcel Dekker, New York, 1996; 225-321p. [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=942667](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=942667)
- NTC (Norma técnica colombiana 431). (2009). Aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis jacq*). <https://docplayer.es/85737561-Norma-tecnica-colombiana-431.html>
- NTP (151.400 Norma Técnica Peruana para Aceite de Sacha Inchi del género *Plukenetia*). Requisitos. (Norma Peruana). (2009). <https://www.deperu.com/normas-tecnicas/NTP-151-400.html>
- Pantzaris, T.P. (2000). Pocketbook of palm oil uses. <https://pdfcoffee.com/pko-cno-properties-pdf-free.html>





- Paucar Menacho, L. M., Salvador Reyes, R., Guillén Sánchez, J., Capa Robles, J., Moreno Rojo, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 2015; 6 (4), 279-290p. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>
- Shahidi, F. (2005). *Bailey's Industrial Oil and Fat products*. 2005; (6. a ed.). Wiley Interscience.
- Sotero Solis, V., Gioielli, L., Polakiewicz, B. (2001). Hidrogenación e Inter esterificación del aceite de castaña de Brasil (*Bertholletia excelsa*). *Grasas y aceites*, 2001; 52 (3-4), 192-197p. <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/download/356/359/359>
- Standard Methods For The Analysis Of Oils, Fats And Derivatives. (1985-1990). <https://shop.elsevier.com/books/standard-methods-for-the-analysis-of-oils-fats-and-derivatives/paquot/978-0-08-022379-7>
- Tang, T.S., Hooh, F.C. (1994). Characteristics and Properties of Malaysian Palm-Kernel-Based Speciality Fats. *AOCS Press*. 1994; 84-97p.
- Valencia, O.A. (2018). Métodos de extracción de aceite esencial de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*). [Tesis de maestría en ciencias agrícolas, Universidad Rafael Landívar, Guatemala]. 2018. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrce/2018/06/17/Valencia-Maylin.pdf>

