



Vol. 1 Num. 1 2025- ISSN: 3119-7132 (En línea)

ARTICULO ORIGINAL

Recibido: 02 Junio 2025 Aceptado: 25 Agosto 2025

## FORMULACION DE MARGARINAS DE BAJO CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS TRANS A PARTIR DE ACEITE DE PALMA HIDROGENADO

### FORMULATION OF LOW TRANS FATTY ACIDS MARGARINES FROM HYDROGENATED PALM OIL

Víctor Sotero Solis <sup>1</sup>Ena Velazco-Castro <sup>1</sup>Úrsula Monteiro Temmerman<sup>1</sup>Dora García de Sotero<sup>2</sup>Miguel Sotero García <sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA). Yarinacocha, Coronel Portillo, Ucayali, Perú<sup>2</sup>Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Iquitos, Maynas, Loreto, Perú

#### Correspondencia:

Dr. Víctor Sotero Solis

vsoteros@unia.edu.pe

**Como citar este artículo:** Sotero, V., Velazco, E., Monteiro, Ú., García, D., & Sotero, M. (2025). Formulación de margarinas de bajo contenido de ácidos grasos trans a partir de aceite de palma hidrogenado. *Revista de Investigación Intercultural Asampitakoyete*, 1(1), 92–100. <https://doi.enproceso/doi:xxxx>

#### RESUMEN

El objetivo del estudio fue realizar la formulación de dos tipos de margarinas basándose en los productos hidrogenados del aceite de palma (*Elaeis guineensis*) (AP) y de baja concentración de ácidos grasos *trans*. La hidrogenación del aceite de palma de la Región Ucayali se realizó en un reactor de tres litros a 125°C y 1 atm (PH1) y 150°C y 1 atm (PH2), utilizando 7.0 g de catalizador de níquel Pricatt tipo Raney. Las margarinas se formularon con 80 % de aceite de palma hidrogenado PH1 y PH2 en la fase oleosa, con leche,  $\beta$ -caroteno y el 20 % de fase acuosa con agua, sorbato de potasio, ácido cítrico, cloruro de sodio, extracto de tomillo y leche en polvo. Se realizaron ensayos A y B, la grasa de la mezcla A fue de 33,3 % de AP, PH1 y PH2 respectivamente y la de B de 70 % de GH2 y 30 % de AP. La presencia de ácido elaidico (*trans*) fue de 11,8 y 2,7 % en PH1 y PH2 respectivamente. El índice de yodo fue 22.7 y 22.6 g/100 g, índice de saponificación: 270 y 269.8 mg/g y los puntos de fusión fueron 36 y 30°C, respectivamente. Mediante el análisis por espectrofotometría UV/vis, se encontraron que las constantes específicas a 230nm para ambas fueron menores a 0.3 unidades de absorbancia, lo que indica baja concentración de ácidos grasos *trans*. Los coeficientes de extinción a 232 nm fueron de 0.254 y 0.272 en A y B respectivamente, indicando baja presencia de ácidos grasos *trans* y el índice de color no presenta mayor diferencia al almacenarlos a 5°C. De acuerdo con el análisis organoléptico, la calidad del ensayo A, fue superior al B, en cuanto a estabilidad y textura. Asimismo, con el auxilio de la microscopia se observa una mejor estructura cristalina en el ensayo B.

**Palabras clave:** margarinas, *Elaeis guineensis*, hidrogenación.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to formulate two types of margarines based on hydrogenated palm oil products (*Elaeis guineensis*) (AP) with a low concentration of trans fatty acids. The



hydrogenation of palm oil from the Ucayali Region was carried out in a three-liter reactor at 125°C and 1 atm (PH1) and 150°C and 1 atm (PH2), using 7.0 g of Raney Pricatt nickel catalyst. The margarines were formulated with 80% hydrogenated palm oil (PH1 and PH2) in the oil phase, milk,  $\beta$ -carotene, and 20% in the aqueous phase with water, potassium sorbate, citric acid, sodium chloride, thyme extract, and powdered milk. Tests A and B were performed, the fat of mixture A was 33.3% AP, PH1 and PH2 respectively and that of B was 70% GH2 and 30% AP. The presence of elaidic acid (trans) was 11.8 and 2.7% in PH1 and PH2 respectively. The iodine value was 22.7 and 22.6 g/100 g, saponification value: 270 and 269.8 mg/g and the melting points were 36 and 30 ° C, respectively. Through UV / vis spectrophotometric analysis, it was found that the specific constants at 230 nm for both were less than 0.3 absorbance units, indicating a low concentration of trans fatty acids. The extinction coefficients at 232 nm were 0.254 and 0.272 for A and B, respectively, indicating a low presence of trans fatty acids, and the color index did not differ significantly when stored at 5°C. According to the organoleptic analysis, the quality of test A was superior to that of B in terms of stability and texture. Furthermore, with the aid of microscopy, a better crystalline structure was observed in test B.

**Keywords:** margarines, *Elaeis guineensis*, hydrogenation.

## INTRODUCCIÓN

Las margarinas, definidas como emulsiones de agua en grasa, son productos alimenticios que generalmente consisten en aceites vegetales, agua y sal (Toshtay et al., 2025). Históricamente, las margarinas se preparaban generalmente con agua parcialmente hidrogenada de aceites vegetales para alcanzar niveles adecuados de grasa sólida en diferentes temperaturas, pero se evitaba su consumo ya que se descubrió que los ácidos grasos trans están asociados al riesgo de enfermedades del corazón (Mozaffarian et al., 2006) Aunque los ácidos grasos saturados están vinculados a enfermedades del corazón, se ha señalado que el consumo de ácidos grasos trans puede conllevar un riesgo superior. Estos ácidos grasos tienen efectos adversos que incrementan las concentraciones de triglicéridos en plasma, colesterol total, colesterol LDL (c-LDL) y colesterol VLDL (c-VLDL). Asimismo, a diferencia de los ácidos grasos saturados, los ácidos grasos trans disminuyen los niveles de colesterol HDL (HDL-c). (Gómez et al., 2019). Por lo tanto, la hidrogenación parcial fue reemplazada por hidrogenación completa más interesterificación,

para obtener cero grasas trans (Ribeiro et al., 2009; Silva et al., 2021).

El aceite de palma contiene 40 % de ácido palmítico, 8,7 % de ácido esteárico y contenido total de ácidos grasos saturados of 51,0 % (Patil et al., 2023).

La hidrogenación permite saturar los ácidos grasos insaturados que se encuentran en el aceite y la selectividad elevada de la reacción, depende de las condiciones de operación y catalizador utilizado (Bihola et al., 2025). El problema principal es la formación de los isómeros trans, los cuales se pueden producir en la refinación del aceite y en la hidrogenación de este. En tal sentido la legislación de diversos países, exigen los máximos límite permisibles a estos ácidos; en el caso del Perú la normatividad peruana exige un límite de 2.0 % en grasas, aceites y margarinas (El Peruano, 2016). Para disminuir la concentración de ácidos grasos trans realizan hidrogenación con alta intensidad de temperatura y presión, y este producto final se mezcla con aceite original, y de esta manera

se obtienen productos con baja concentración de estos ácidos nocivos para la salud (Silva et al., 2021). Los ácidos grasos saturados (AGS) no son menos nocivos que los isómeros trans. De acuerdo con las regulaciones internacionales, los productos de aceite y grasa deben limitar su contenido de isómeros trans a un máximo del 2,0%; mientras que, en el caso de margarinas, mantecas y productos para untar, este límite se establece entre el 2,5 % y el 5,0 %. Asimismo, el porcentaje de grasas saturadas no debe exceder el 25 % al 30 % (Toshtay et al., 2025).

El objetivo de este trabajo fue realizar los ensayos necesarios con mantecas hidrogenadas para la preparación de margarinas con baja concentración de ácidos grasos trans.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos de preparación de margarinas con las muestras hidrogenadas de palma aceitera, obtenidas durante el proceso de elaboración de mantecas vegetales. Estos ensayos son preliminares y permitirán realizar posteriores ensayos, para ser debidamente formulados.

La hidrogenación del aceite desodorizado y seco, procedente de frutos de palma de la Región Ucayali-Perú, se realizó en un reactor de tres litros a 125°C y 1 atm (PH1) y por 30 minutos y 150°C y 1 atm (PH2) y por 60 minutos, utilizando 7.0 g de catalizador de níquel Pricatt tipo Raney 9920-06 (Nicena), y agitación de 545rpm, después de hidrogenado, se filtra el catalizador a 80°C.

Muestra A: grasa: 33,3 % de aceite de palma, 33,3 % de grasa hidrogenada de 125°C, 1 atm, 33,3 % de grasa hidrogenada de 150°C, 1 atm.

Muestra B: 70 % grasa hidrogenada 150°C, 1 atm, y 30 % aceite de palma.

Para la caracterización de los aceites, se determinó el punto de fusión, densidad, índices de refracción, de acidez y de yodo, según los métodos de la AOAC (1995); el índice de color según Saguy et al. (1996), midiendo en el espectrofotómetro una muestra diluida en hexano (0.25:25) y de refracción según (). Además, se evaluaron el índice de color y de refracción de las margarinas A y B y la comercial C, a 5°C durante ocho semanas.

Para la preparación de las margarinas, se realizaron dos ensayos, variando solo la composición de las grasas según modificaciones de Rabie et al. (2018) y manteniendo la concentración de grasa en 80 %, según Codex para margarinas, (*Food and Agriculture Organization* [FAO], 1981a).

La fase acuosa de todos los sistemas consistía en agua destilada agua y sal (3 % p/p). La fase lipídica estaba compuesta por la mezcla de grasas. Previo a la homogeneización, la fase lipídica se mantuvo a 50° C hasta el punto de fusión total de la grasa y luego se vertió sobre la fase acuosa, previamente calentada a la misma temperatura. La mezcla se homogeneizó inmediatamente usando un agitador casero durante 2 min. Inmediatamente después de su preparación, las muestras se guardaron en depósitos sellados herméticamente y almacenada a 7 °C por 24h, como condición establecida para la cristalización de la fase lipídica. Se realizaron cuatro ensayos, dos de la muestra A y dos de la muestra B. En ambos en el segundo ensayo se disminuyó drásticamente la concentración de  $\beta$ -caroteno, de 0,001 % a 0,0005 %.

Las composiciones ensayadas de la fase lipídica se muestran en Tabla 1.

TABLA 1

*Composiciones de las fases oleosa y acuosa de las margarinas*

| Fase oleosa                                           | Fase acuosa                |
|-------------------------------------------------------|----------------------------|
| Grasa 80 %                                            | Agua 20 %                  |
| Lecitina 0,3 %                                        | Sorbato de potasio 0,2 %   |
| Monoglicerol 0,3 % (se substituyó por grasa de leche) | Ácido cítrico 0,2 %        |
| $\beta$ -caroteno 0,001 %                             | Cloruro de sodio 0,1 %     |
| Esencia 0,3 %                                         | Extracto de tomillo 0,02 % |
|                                                       | Leche en polvo 0,5 %       |

Análisis sensorial

Se evaluó entre cinco probadores utilizando galleta de sal.

**RESULTADOS**

En la Tabla 2, se presentan los resultados de los análisis por cromatografía gaseosa de los aceites de palma ((AP) e hidrogenados a 125°C, 1 Atm

(PH1) y a 125°C, 1 atm (PH2), de acuerdo a eso, la mejor mezcla para la preparación de ácidos grasos sería la del ensayo A, debido sobre todo a que su concentración de ácidos grasos trans es la de menor concentración (2.7%), lo recomendado por las normas peruanas para este caso. Decreto Supremo N° 033-2016-SA. Siendo que esto se puede reducir utilizando las mezclas adecuadas.

TABLA 2

*Composición de ácidos grasos del aceite de palma y sus grasas hidrogenadas*

| Ácido graso                         | AP    | PH1   | PH2   |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| Palmítico                           | 39.4  | 29.8  | 24.8  |
| Esteárico                           | 4.1   | 13.1  | 22.7  |
| Elaídico                            | 0     | 2.7   | 11.8  |
| Oleico                              | 34.4  | 49.8  | 36.5  |
| Linoleico                           | 10.6  | 2.4   |       |
| Linoleico                           | 0.7   |       |       |
| Araquídico                          | 0.4   |       | 1.0   |
| Tricosanoico                        | 5.4   | 2.1   | 3.2   |
| Cis-4,7,10,13,16,19-docosohexanoico | 5.0   |       | 1.0   |
| Saturados                           | 49.3  |       |       |
| Insaturados                         | 49.3  | 45    | 51.7  |
| Saturados                           | 50.7  | 54.9  | 47.3  |
| Índice de yodo                      | 58.9  | 47.1  | 41.5  |
| Índice de saponificación            | 167.0 | 174.0 | 154.8 |

La Tabla 3 muestra las cualidades organolépticas de las margarinas. El ensayo A reportó mejores

atributos en lo que respecta al sabor, estabilidad y textura; aunque el color, era muy intenso.

**TABLA 3***Cualidades organolépticas de las margarinas*

| Muestra  | Color       | Sabor     | Estabilidad | Textura  |
|----------|-------------|-----------|-------------|----------|
| Ensayo A | Muy intenso | Agradable | Buena       | Adecuada |
| Ensayo B | Bueno       | Agradable | Mediana     | Regular  |

La Tabla 4 evidencia la evaluación del índice de color y de refracción de las margarinas A, B y C. En la semana 7 se observaron los mayores valores del índice de color; mientras que, en la semana 8 el índice de refracción.

**TABLA 4***Evaluación del índice de color y de refracción de las margarinas A y B y C*

| Margarina | Color $\pm$ DE    | IR $\pm$ DE        | Color $\pm$ DE    | IR $\pm$ DE        |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Semana 1  |                   | Semana 5           |                   |                    |
| A         | 0.635 $\pm$ 0.000 | 1.3283 $\pm$ 0.001 | 0.595 $\pm$ 0.001 | 1.3780 $\pm$ 0.000 |
| B         | 0.616 $\pm$ 0.003 | 1.3807 $\pm$ 0.001 | 0.616 $\pm$ 0.003 | 1.3350 $\pm$ 0.000 |
| C         | 1.456 $\pm$ 0.029 | 1.3307 $\pm$ 0.001 | 0.657 $\pm$ 0.007 | 1.3740 $\pm$ 0.006 |
| Semana 2  |                   | Semana 6           |                   |                    |
| A         | 0.612 $\pm$ 0.001 | 1.3774 $\pm$ 0.001 | 0.606 $\pm$ 0.000 | 1.3780 $\pm$ 0.001 |
| B         | 0.611 $\pm$ 0.001 | 1.3780 $\pm$ 0.000 | 0.608 $\pm$ 0.002 | 1.3773 $\pm$ 0.001 |
| C         | 0.532 $\pm$ 0.003 | 1.3790 $\pm$ 0.001 | 0.627 $\pm$ 0.001 | 1.3787 $\pm$ 0.001 |
| Semana 3  |                   | Semana 7           |                   |                    |
| A         | 0.545 $\pm$ 0.002 | 1.3763 $\pm$ 0.002 | 0.713 $\pm$ 0.009 | 1.3747 $\pm$ 0.001 |
| B         | 0.599 $\pm$ 0.010 | 1.3787 $\pm$ 0.005 | 0.664 $\pm$ 0.005 | 1.3742 $\pm$ 0.000 |
| C         | 0.592 $\pm$ 0.006 | 1.3557 $\pm$ 0.003 | 0.758 $\pm$ 0.009 | 1.3744 $\pm$ 0.000 |
| Semana 4  |                   | Semana 8           |                   |                    |
| A         | 0.588 $\pm$ 0.001 | 1.3763 $\pm$ 0.002 | 0.650 $\pm$ 0.003 | 1.3750 $\pm$ 0.001 |
| B         | 0.622 $\pm$ 0.001 | 1.3787 $\pm$ 0.005 | 0.589 $\pm$ 0.057 | 1.3859 $\pm$ 0.020 |
| C         | 0.597 $\pm$ 0.006 | 1.3557 $\pm$ 0.003 | 0.627 $\pm$ 0.004 | 1.4052 $\pm$ 0.039 |

Nota: IR: índice de refracción; DE: desviación estándar.

Los ácidos grasos que se muestran en la Tabla 5, indican que la mejor mezcla para la preparación de ácidos grasos es el ensayo A.

los ensayos A y B a %C. se observa a las moléculas de agua en A, bastante unidas a la emulsión y en la B, se le nota más dispersa (Fig. 2).

De acuerdo con la microscopía se pueden observar las partículas en las emulsiones de las margarinas de

La Figura 3, indica el barrido de las margarinas y el aceite de palma por espectrofotometría UV/Vis,

**TABLA 5***Parámetros fisicoquímicos de las margarinas A y B*

| Parámetro                   | A     | B     |
|-----------------------------|-------|-------|
| Índice de refracción        | 1.414 | 1.430 |
| Índice de saponificación    | 270   | 269,8 |
| Índice de yodo              | 22,7  | 22,6  |
| Punto de fusión °C          | 36    | 30    |
| Densidad, g/cm <sup>3</sup> | 0,89  | 0,91  |

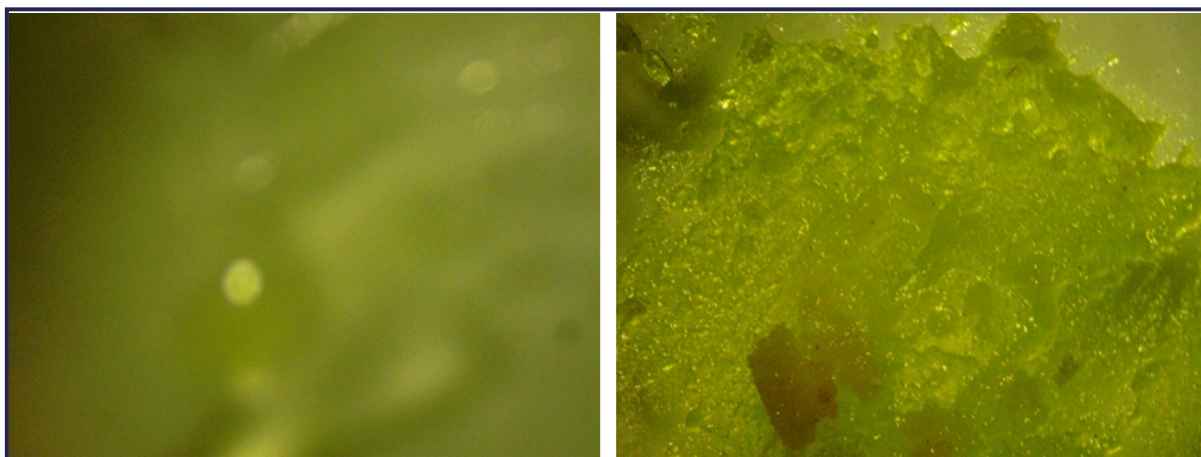
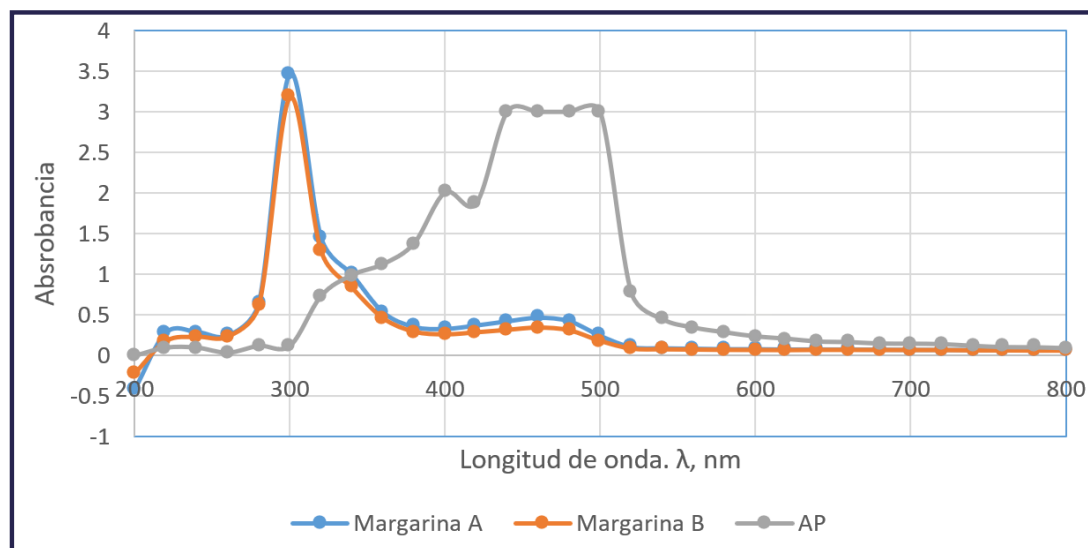
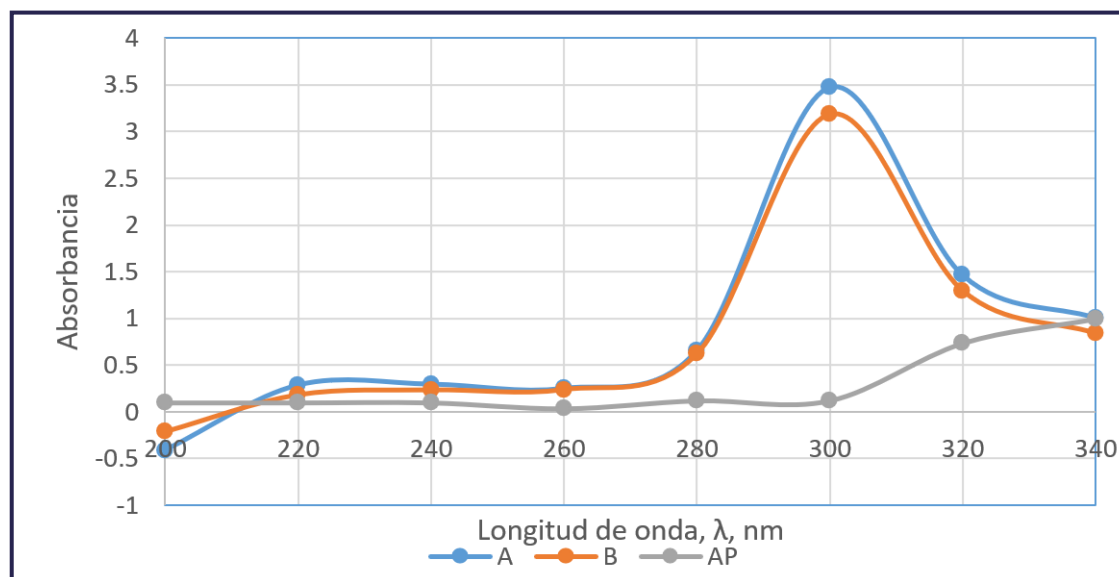
**FIGURA 2***Microscopia de margarinas de ensayos A y B a 5°C***FIGURA 3***Barrido espectrofotométrico de muestra de margarinas A y B*

FIGURA 4

Recorte de presencia de ácidos grasos  $\omega$ -3, en espectro de uv/vis



## DISCUSIÓN

La industria de la margarina está impulsada por tres factores clave a.- el cambio en los estilos de vida de las personas que buscan opciones alimenticias más saludables; b.- la necesidad de una alternativa más asequible a la mantequilla que proporcione propiedades funcionales similares; y c.- los avances en el refinamiento y las técnicas de modificación de los aceites vegetales, que permiten ajustar las características funcionales de las margarinas según las demandas, como una mayor consistencia, aromatización y la inclusión de ácidos grasos esenciales (Silva et al., 2021).

En este estudio, los valores del índice de yodo fueron más bajos que los que reportaron Musavi et al. (2011), en el cual, durante la hidrogenación, el índice de yodo de la oleína de palma se redujo de 55,2 a 46,0. Por otro lado, el contenido de ácidos grasos trans (TFA) y el punto de fusión por deslizamiento incrementaron de 0 % a 7,15 % y de 24,0 °C a 37,8 °C, respectivamente.

La concentración de ácidos grasos trans en esta investigación es menor que 2,0 % lo recomendado

por las normas peruanas para este caso. Decreto Supremo N° 033-2016-SA, siendo que esto se puede reducir utilizando las mezclas adecuadas.

Los aceites vegetales están compuestos en mayor proporción por ácidos grasos los mismos que tienen absorbancias máximas en el rango de 230 a 270 nm y más allá de 300 a 400 nm, corresponde a polifenoles (Marinova et al., 2012),  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno, luteína, zeaxantina, licopeno, y neoxantina (Kamińska et al., 2025).

En el estudio realizado por Güçlü et al. (2025), se llegó a la conclusión de que el aceite de soja hidrogenado no es adecuado para la margarina de pasta dura, debido a su elevado contenido de ácidos grasos esenciales y su punto de fusión por deslizamiento; así como, a su bajo contenido de ácidos grasos saturados (AGS). No obstante, los aceites vegetales sólidos naturales, como las fracciones de aceite de palma y la estearina de aceite de palma, pueden mezclarse con aceites de algodón y girasol en diferentes proporciones. Después de ser interesterificados, podrían utilizarse

para la producción de diversas margarinas que no contengan ácidos grasos trans.

Además, según el Codex Alimentarius, (FAO, 1981b) a 232 nm, el coeficiente de extinción debe ser de 3.50 y superior a estas, indica la presencia de los isómeros trans y en este estudio se encuentran 0.254 y 0.271, para las margarinas A y B respectivamente, lo cual indica que las mezclas son eficientes.

En España, para el año 2015, la mayoría de los grupos de alimentos mostraron un porcentaje de ácidos grasos trans (AGT) inferior al 2 % en relación con la grasa total. Los pocos alimentos que superan este porcentaje pertenecen al grupo de los lácteos, donde los AGT están presentes de forma natural (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición [AECOSAN], 2015).

## CONCLUSIONES

Es factible obtener margarinas del aceite de palma, en este caso hidrogenando el mismo.

Las características fisicoquímicas y organolépticas indican una mejor calidad para la margarina A compuesta por 33.3% de aceite de palma, 33.3 % aceite hidrogenado a 125°C, 1 atm y 33.3% de aceite hidrogenado a 150 C, 1 atm.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN). (2015). Contenido de ácidos grasos trans en los alimentos en España. 2015. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/Informe\\_AGT2015.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/Informe_AGT2015.pdf)
- Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official methods of analysis of the Association of Official Analysis Chemists. 16ed. v. 2, AOAC, Washington.
- Bihola, A., Chaudahry, M., Bumbadiya, M., Suvera, P., & Adil, S. (2025). Technological innovations in margarine production: Current trends and future perspectives on trans-fat removal and saturated fat replacement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 (1), e70088. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1541-4337.70088>.
- Food and Agriculture Organization. (1981a). Norma del Codex para la margarina Codex Stan 32-1981 <https://www.fao.org/4/y2774e/y2774e06.htm>.
- Food and Agriculture Organization. (1981b) Codex Alimentarius. CXS 19-1981. Grasas y aceites derivados de grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. <https://www.fao.org/4/y2774e/y2774e06.htm>.
- El Peruano (2016). Decreto Supremo nº 033-2016- aprueban el Reglamento que establece el proceso de reducción gradual hasta la eliminación de las grasas trans en los alimentos y bebidas no alcohólicas procesados industrialmente
- Gómez, P., de la Fuente, M., & Juárez, M (2019). Ácidos grasos trans y ácido linoleico conjugado en alimentos: origen y propiedades biológicas. *Nutrición Hospitalaria*, 36(2), 479-486. DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.2466>
- Güçlü, H., Tekin, A., & Pirsas, S. (2025). Formulation and production of trans acid-free hard stock margarine using interesterification. *Latin American Applied Research*, 55 (1). <https://doi.org/10.52292/j.laar.2025.3497>.
- Kamińska, W., Grygier, A., Rzyńska, K., Przybylska, A., Stuper, K., & Neunert, G. (2025). Nutritional Quality, Fatty Acids Profile, and Phytochemical Composition of Unconventional Vegetable Oils. *Molecules*, 30, 3269. <https://doi.org/10.3390/molecules30153269>.

- Marinova, E., Seizova, K., Totseva, I., Panayotova, S., Marekov, I., Momchilova, S. (2012). Oxidative changes in some vegetable oils during heating at frying temperature. *Bulgarian Chemical Communications*, 44 (1), 57 – 63. <https://www.researchgate.net/publication/286958999>.
- Musavi, A., Tekin, A., & Erinc, H. (2011). Formulation of trans-free margarines using hydrogenated and interesterified palm olein 2011. *Journal of Oil Palm Research*, 23, 1153-1158. <https://palmoilis.mpob.gov.my/publications/jopr23dec2011-Anar.pdf>.
- Patil, R., Waghmare. J., Annapure, U. (2023). Comparative assessment of the frying performance of palm olein and sunflower oil during deep-fat frying of Indian battered food products. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100778. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100778>
- Rabie, M., Rania E. Elgammal and Eman E. Saafan. (2018). Improving the Properties of Prepared Pastry Margarine by Using Nanotechnology. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 3 (3), 147 – 159. [https://jfds.journals.ekb.eg/article\\_77773\\_cc2761edc8edc744f0a8a6a7bc2fc546.pdf](https://jfds.journals.ekb.eg/article_77773_cc2761edc8edc744f0a8a6a7bc2fc546.pdf)
- Ribeiro, A., Grimaldi, R., Gioielli, L., & Gonçalves, L. (2009). Zero trans fats from soybean oil and fully hydrogenated soybean oil: Physico-chemical properties and food applications. *Food Research International*, 42, 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.01.012>.
- Saguy, I., Shani, A., Weinberg, P., & Garti, N. (1996). Utilization of Jojoba Oil for Deep-fat Frying of Foods. *LWT. Food and Science and Technology*, 29 (5-6), 573–577. <https://doi.org/10.1006/fstl.1996.0088>.
- Silva, T., Barrera, D., & Badan, A. (2021). Margarines: Historical approach, technological aspects, nutritional profile, and global trends. *Food Research International*, 147, 110486. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110486>
- Toshtay, K., Auyezov, A., Azat, S., & Busquets, R. (2025). Trans fatty acids and saturated fatty acids in margarines and spreads in Kazakhstan: Study period 2015–2021. *Food Chemistry: X*, 102246. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102246>.