UEA Agroindustria
PrePrint UEA

Sección Agroindustria
Vol. BIO2324. ep16–165

| Recibido: 14/03/2024 |
| Aceptado: 29/04/2024 |
| Publicado: 16/11/2026 |

Propuesta tecnológica para la utilización de los aceites vegetales quemados en la producción de jabón

Technological proposal for the use of burned vegetable oils in soap production

Evelyn Dayana Zabala Aguirre[1], Janina Paola Japón Sánchez[1] Estela Guardado Yordi[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBIO2324ep16-165 Crossref

Resumen

Actualmente, la eliminación de residuos de aceite vegetales quemados provenientes de la elaboración de alimentos es inadecuada y provoca contaminación ambiental con impactos negativos sobre la biodiversidad, el suelo, la economía y la salud. Su aprovechamiento agroindustrial es de interés, por lo que el objetivo de esta investigación es proponer una tecnología para la producción de jabón a partir de la caracterización fisicoquímica de los aceites vegetales quemados, obtenidos a diferentes condiciones de operación, en restaurantes de la ciudad del Puyo. Se determinaron los parámetros operacionales y los indicadores fisicoquímicos de los aceites quemados recolectados, mediante la entrevista y determinaciones indicadas en las normas INEN, respectivamente. La relación entre estos parámetros se llevó a cabo mediante la correlación de Pearson. El diseño del proceso de obtención de jabón se efectuó mediante el *Superpro Designer V10.0*. El color de cada muestra y del jabón obtenido se efectuó mediante el método *CIELab*. Como resultado la temperatura de uso del aceite presenta correlación moderada a fuerte con las coordenadas de color B y ΔE, indicando cambios significativos con temperaturas más altas. Los ciclos de uso muestran una relación menos directa con el color, disminuyendo su impacto con el tiempo de fritura. Se concluye que la determinación de las características físicas y químicas de los aceites quemados están influenciadas por los usos y en mayor medida por la temperatura de cocción, y repercuten en las características físicas del jabón. Es posible obtener jabón de las muestras de aceite quemado siguiendo la propuesta tecnológica.

Palabras clave

caracterización fisicoquímica, usos, temperatura, superpro designer, CIELab, jabón.

Abstract

Currently, the disposal of burned vegetable oil residues from food processing is inadequate and causes environmental pollution with negative impacts on biodiversity, soil, economy and health. Its agroindustrial use is of interest, so the objective of this research is to propose a technology for the production of soap from the physicochemical characterization of burned vegetable oils, obtained at different operating conditions, in restaurants in the city of Puyo. The operational parameters and physicochemical indicators of the burned oils collected were determined by means of the interview and determinations indicated in the INEN standards, respectively. The relationship between these parameters was carried out by means of Pearson correlation. The design of the soap production process was carried out using *Superpro Designer V10.0.* The color of each sample and of the soap obtained was determined using the *CIELab* method. As a result, the oil use temperature shows a moderate to strong correlation with the color coordinates B and ΔE, indicating significant changes with higher temperatures. The use cycles show a less direct relationship with color, decreasing its impact with frying time. It is concluded that the determination of the physical and chemical characteristics of burnt oils are influenced by the uses and to a greater extent by the cooking temperature and have an impact on the physical characteristics of the soap. It is possible to obtain soap from burnt oil samples following the technological proposal.

Keywords

physicochemical characterization, uses, temperature, superpro designer. CIELab, soap.

Direcciones

[1]Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: ed.zabalaa@uea.edu.ec, jp.japons@uea.edu.ec, e.guardadoy@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Evelyn Dayana Zabala Aguirre. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: ed.zabalaa@uea.edu.ec

Cómo citar

ZABALA AGUIRRE, Evelyn Dayana, JAPÓN SÁNCHEZ, Janina Paola and GUARDADO YORDI, Estela 2026. Propuesta tecnológica para la utilización de los aceites vegetales quemados en la producción de jabón. PrePrint UEA. Vol. BIO2324. p. ep16–165. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBIO2324ep16-165

Editores Académicos Willan Orlando Caicedo Quinche

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright

Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introducción

Es conocido que un litro de aceite quemado contamina 5 000 veces más que el agua residual y puede llegar a contaminar 40 000 litros de agua, lo que equivale al consumo per cápita anual (Baca and Urbina 2022). Durante años el aceite vegetal de cocina se ha utilizado en restaurantes, hogares, para procesar diversos alimentos. La fritura es una de las formas tradicionales de utilizar aceites vegetales a altas temperaturas desde el año 1600 a.C. Actualmente la aceptación de los alimentos fritos es universal y se disfruta en todas las culturas del mundo (Gomna et al. 2019).

Los aceites vegetales son lípidos provenientes de sustancias extraídas de semillas o frutos oleaginosos, formadas por triglicéridos, esterificados con tres ácidos grasos (Bernal et al. 2021). Cuando el aceite se calienta a altas temperaturas en presencia de oxígeno, se produce reacciones químicas, degradándose tanto de manera física y térmica. Por lo tan-

to, cuanto más se calienta el aceite, se degrada más y más compuestos tóxicos se forman en el aceite como el Acroleína (Navarro 2022). Científicamente se ha demostrado que los aceites reutilizados forman compuestos parcialmente hidrogenados denominados ácidos grasos trans, perjudiciales para la salud que podría causar potencial genotóxico, mutagénico y cancerígeno, cuando llega al punto de inflamación (275-328 °C) (Castañeda 2018).

Algo semejante ocurre en la cocción de los aceites son sometidos a diversos intervalos de temperatura ocasionado la presencia de una molécula denominada Malondialdehído $CH_2(CHO)_2$que se genera por los usos de cocción. Esta molécula tiene características de ser un líquido incoloro, un compuesto altamente reactivo resultante de la peroxidación lipídica que se genera en los ácidos grasos polinsaturados. La cual es identificada como potencial mutagénico puesto que reacciona con la Desoxiadenosina y la Desoxiguanosina en el ADN (Ujong et al. 2023). Encontrándose en aceites comestibles que ya han sufrido un proceso de cocción, siendo así uno de los daños más graves que pueden provocar un riesgo para la salud de los consumidores.

En Ecuador, se ha estimado que 54% de los ciudadanos deposita el aceite quemado en la basura, un 24% lo bota a las quebradas o desagües, el 21% lo utiliza como alimento para animales y el 1% entrega a un gestor o lo deposita en un contenedor especial (Murphy et al. 2021). La problemática antes mencionada conlleva la necesidad de implementar medidas que contribuyan a mitigar su impacto ambiental. El reciclaje del aceite quemado surge como una alternativa viable para abordar este desafío, lo cual lleva a considerar la evaluación del aceite de cocina reciclado con el propósito de reutilizarlo en diversas aplicaciones, tales como la elaboración de jabones, velas, cremas y la producción de biodiesel (Lacatusu et al. 2020). Estas propuestas ayudan a dar una segunda vida a los residuos de los aceites mediante un nuevo modelo de desarrollo encaminado hacia la economía circular, en el cual grandes compañías del mundo estarían inmersas con prácticas sustentables (Midhun et al. 2023).

Se han desarrollado métodos experimentales que ayudan a determinar cuándo el aceite quemado es adecuado para su posterior uso en la fabricación de diversos productos. Principalmente en los aceites quemados se utiliza una base de análisis de imágenes digitales con una comparación de las características de color. Uno de los métodos habituales es el sistema *CIELab*, el cual permite describir de manera precisa y cuantitativa las características del color, estos dispositivos miden la reflectancia de la luz en diferentes longitudes de onda y luego calculan las coordenadas *CIELab* (L*, a*, b*) que describen el color en términos de luminosidad (L*), componente rojo-verde (a*), y componente amarillo-azul (b*) (Pandiselvam et al. 2023). Sin embargo, no es comúnmente utilizado para medir directamente la calidad del aceite de cocina.

El color es un parámetro de calidad importante del aceite vegetal quemado para la aceptación del consumidor ya que está muy influenciada por el color del aceite (Peregonchaya et al. 2019). Aunque se dice que la presencia de pigmentos como la clorofila y los carotenoides dan principalmente el color al aceite. Por otro lado, los productos de oxidación y reacciones enzimáticas producidas durante el procesamiento también afectan el color del aceite junto con muchos otros factores. Para el proceso de control de calidad es útil realizar las mediciones en espectrofotométricas debido a sus características de rapidez, versatilidad, posibilidad de automatización, etc., la especificación precisa del color suele ser una parte clave de un control completo de la calidad de los aceites quemados (Antonic et al. 2021). La calidad del aceite de cocina generalmente se evalúa mediante pruebas físicas y químicas que incluyen la medición de diversos parámetros, humedad o pérdida por calentamiento e impurezas, densidad, índice de refracción, índice de saponificación según la metodología de la normativa INEN (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización) y normas ISO (Gomna, N'Tsoukpoe, Le Pierrès and Coulibaly 2019).

La composición fisicoquímica de los aceites vegetales quemados o aceites usados (como aceites de cocina usados para freír) cambia significativamente debido a la exposición al calor y la oxidación, experimentando cambios que pueden afectar su composición (Hartini et al. 2021). La reutilización o valorización de los aceites quemados permitirá conocer si se pueden usar en nuevos productos, sin embargo, deben pasar por procesos de caracterización fisicoquímica para poder determinar sus posibilidades de valorización y, a partir de los resultados, determinar opciones de reutilización para estos residuos como la creación de nuevos productos como elaboración de jabón (Adane 2020).

En la ciudad de Puyo, ubicada en el cantón Pastaza, se pudo constatar la falta de un manejo adecuado de los residuos derivados del uso de aceites de freír. Esta problemática trae consigo la generación considerable de dichos desechos, los cuales son vertidos al medio ambiente, convirtiéndose en una fuente significativa de contaminación.(Prieto et al. 2019). Por ende, el objetivo del trabajo es proponer una tecnología para la producción de jabón a partir de la caracterización fisicoquímica de los aceites vegetales quemados obtenidos a diferentes condiciones de operación, en restaurantes de la ciudad del Puyo, perteneciente al cantón Pastaza.

2. Metodología

Esta investigación se realizó en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en el km 2 ½ vía al Tena (Paso lateral), Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza, entre las coordenadas 1°10´ latitud sur y 78°10´ longitud oeste y 2° 35´ latitud sur y 76° 40´ longitud oeste. Para este estudio se tomaron muestras de aceites quemados de restaurantes de la cabecera cantonal de Puyo, donde se agrupa gran parte de la población total como hace referencia la (**Figura 1**).

2.1 Materiales

Las muestras de aceites vegetales quemados fueron recolectadas de restaurantes seleccionados de la ciudad de Puyo, que como parte de su elaboración de alimentos se generan y son vertidos al medioambiente de la ciudad. Los reactivos usados para la determinación experimental de los parámetros fisicoquímicos fueron el hidróxido de potasio (KOH) al 0,5 N, fenolftaleína al 1%, alcohol 95%, ácido clorhídrico 0,5 N. Para la elaboración del jabón se utilizó hidróxido

de sodio (NaOH) >99,9% grado comercial con una pureza >98% y agua destilada grado de pureza alto libre de sales e impurezas.

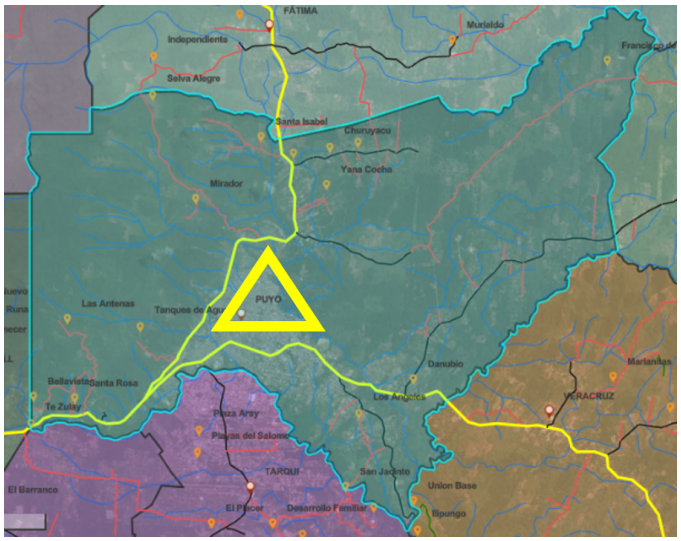


Figura 1 | Mapa ubicación de lugar de estudio

2.2 Metodología aplicada para la propuesta de diseño del proceso tecnológico

En la **Figura 2** se muestra la metodología utilizada en esta investigación, la cual consta de cinco etapas. Las acciones que se realizaron en cada etapa se describen en los siguientes epígrafes.

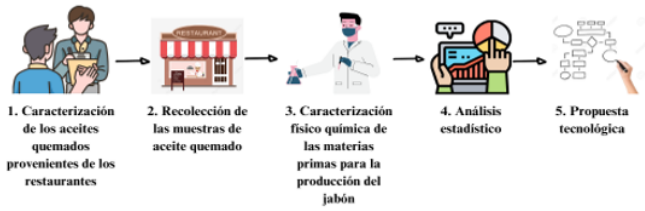


Figura 2 | Metodología aplicada para la propuesta de diseño del proceso tecnológico

2.2.1. Etapa 1. Caracterización de los aceites quemados provenientes de los restaurantes

Se seleccionaron inicialmente 25 restaurantes de la ciudad de Puyo, que ofrecen comidas rápidas y/o en su menú consta la elaboración de platos fritos. Al personal que trabaja directamente en la elaboración de los alimentos se le efectuó una entrevista, la cual pasó por un proceso de validación y confiabilidad previo. Está se desarrolló desde el 17 de octubre al 9 de noviembre de 2023 y estuvo conformada por nueve preguntas (Anexo 1), mediante las cuales se obtuvo información acerca de:

Materia prima (aceite quemado): a) tipo de aceite, b) cantidad consumida.

Forma de generación del aceite quemado: a) cantidad de usos, b) reposición (parcial o total), c) alimentos que se fríen con el aceite y d) temperatura en el proceso de freír.

Deposición del aceite quemado: a) forma de vertimiento, b) filtración.

A partir de los resultados de la entrevista se determinaron criterios de inclusión-exclusión como los límites de los rangos, cantidad de aceite, tiempo de reposición, temperatura del aceite y filtración del aceite, se autoriza o no la recolección del aceite quemado. Mediante la utilización MS Excel de los estadígrafos MAX y MIN para definir el rango del intervalo. De igual manera la entrevista permitió conocer el nivel de usos y temperatura a los cuales los restaurantes trabajan.

2.2.2. Etapa 2. Recolección de las muestras de aceites quemados

El objetivo de esta etapa consistió en la recolección de las muestras. Las muestras fueron recogidas en botellas plásticas con capacidad de 500-1000 mL previamente ya filtradas. En total se recolectaron 3 muestras de cada restaurante obteniendo un total de 18 muestras. Los criterios de exclusión-inclusión a considerar para la recolección de los aceites quemados fueron: que exista reposición total y no parcial del aceite, el lapso de reposición sea de 1 a 2 días. Además, se desarrolló una ficha de medición de los usos, temperatura plasmada en el Anexo 2. Posteriormente las muestras de los restaurantes fueron consignadas para su posterior caracterización fisicoquímica para producir jabón.

2.2.3. Etapa 3. Caracterización fisicoquímica de las materias primas para la producción del jabón

Para la determinación de la caracterización de las muestras de aceites se consideraron indicadores físicos y químicos como se muestra en la **Tabla 1**. La evaluación se llevó a cabo siguiendo los métodos establecidos en las normativas ecuatorianas INEN. En el caso del color se determinó siguiendo el método de (Resende et al. 2023).

Tabla 1 | Análisis fisicoquímicos de los aceites

Parámetro Físico	**Método**	**Referencia**
Densidad relativa (25/25 °C)	NTE INEN 35	(INEN 2012)
Parámetro Químico	**Método**	**Referencia**
Humedad y materia volátil	NTE INEN 662	(INEN 2013a)
Índice de saponificación	NTE INEN 3657	(INEN 2013c)
Índice de refracción	NTE INEN 6320	(INEN 2013b)

La determinación de la densidad se realizó según la Norma NTE INEN (2012), para determinar la densidad de un líquido se realizó por el método del picnómetro. Este procedimiento permite calcular la densidad de cualquier líquido determinando tres masas con una balanza, considerando que la densidad sufre variación en el volumen.

Se determinó el color en los aceites quemados para ello se usó la aplicación móvil Color Grab, la cual permite recoger, capturar y reconocer colores instantáneamente. Esta aplicación permitió obtener las coordenadas *CIELab*, al reconocer el color de los aceites mediante imágenes realizadas. Se utilizó el método *CIELab* para determinar las características cromáticas (L*, a*, b*) y calcular la diferencia de color entre dos muestras el ΔE mediante el procedimiento propuesto por (Abreu-Naranjo et al. 2023).

La determinación de la humedad siguió el procedimiento experimental establecido por la NTE INEN (2013a). Su realización fue por el método de la estufa, donde la muestra se pierde por volatilización a causa del calor, la cantidad de material residual después de la eliminación de humedad constituye la materia seca.

La determinación del índice de saponificación se efectuó por el procedimiento planteado por la Norma NTE INEN (2013c). Se define como los miligramos de hidróxidos de potasio necesarios para saponificar 1 g de aceite, obteniendo el resultado si la muestra es saponificable o insaponificable.

La determinación del índice de refracción se llevó a cabo según la Norma NTE INEN (2013b), permite identificar un compuesto y determina el índice con gran precisión, dependiendo de la longitud de onda utilizada y la temperatura. De lo cual el instrumento utilizado es el refractómetro de la marca *Kruss Optronic GmbH* (modelo DR 301-95) lo cual permitió medir la concentración también la densidad, con los valores nD y la temperatura.

2.2.4. Etapa 4. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de las muestras de aceites quemados provenientes de los restaurantes. El objetivo fue identificar las correlaciones estadísticas de caracterización física del color del aceite quemado obtenido mediante el *Software* O*riginLab Student Version* 2023, con los parámetros de usos y temperaturas, lo cual se visualizó mediante un mapa de calor de la correlación de Pearson. Este mismo procedimiento estadístico se llevó a cabo para correlacionar el color de las muestras de aceite quemado con las características físicas (color) del jabón elaborado a escala de laboratorio (epígrafe 2.2.5).

2.2.5. Etapa 5. Propuesta tecnológica

Se confeccionaron jabones a escala de laboratorio con las materias primas (aceites quemados de los restaurantes) para lo cual se siguió el procedimiento de (Antonic, Dordevic, Jancikova, Tremlova, Nejezchlebova, Goldová and Treml 2021). Posteriormente fue evaluado el color siguiendo el procedimiento antes descrito en el epígrafe 2.2.3.

La propuesta tecnológica de elaboración de jabón a partir del aceite quemado siguió los pasos propuestos por (Suaza Montalvo 2020) para la conformación del diagrama de bloque. Se utilizó el programa *Superpro Designer V10.0* para confeccionar el diagrama de *Gantt* y diagrama de flujo de proceso. A continuación, se describen las tareas efectuadas:

Incorporación de datos sobre la composición química de los aceites quemados en el menú *Task* del programa. Estos datos fueron obtenidos a partir de la gestión de información en internet (artículos científicos, revistas, libros y otras fuentes confiables). Estos datos permitieron desarrollar las condiciones de operación.

La confección del diagrama de bloques se basó en la adopción de las operaciones utilizadas por Antonić et al. (2020b).

Se generó el diagrama de *Gantt* a partir de las operaciones involucradas en el proceso de obtención del jabón.

Posteriormente se confeccionó el diagrama de flujo de procesos con una propuesta de los equipos.

3. Resultados y discusión

3.1. Resultado

3.1.1. Caracterización de los aceites quemados provenientes de los restaurantes

Se asignó a cada restaurante las siglas r1, r2, r3, ..., r6 de forma aleatoria por motivo de confidencialidad. De la entrevista efectuada se pudo conocer que el tipo de aceite que más se usa en los procesos de cocción/fritura es el de palma y el cocinero (oleína de palma y soya) **Tabla 2**. Los productos que se fríen con frecuencia son papas, pollo, yuca y plátano. La mayoría de los restaurantes reutilizan el mismo aceite hasta dos días, para lo cual previamente realizan una filtración, eliminado los desechos a la basura. De la muestra de 25 restaurantes, solo seis permitieron la recolección de aceite quemado.

Tabla 2 | Resultados de la entrevista sobre manejo de aceites quemados en restaurantes de Puyo.

Código	Aceite	P	Cant (L)	F	Destino	Reu	Rp	TR (día)	T (°C)
r1	Palma	Pollo Papas	48	No	Almacén (venta)	Si	Total	2	200
r2	Palma	Plátano Yuca	100	Si	Almacén	Si	Total	1	180
r3	Palma	Pollo Papas	80	No	Almacén	No	Total	1	260
r4	Cocinero	Papas Pollo Plátano	40	Si	Almacén (venta)	Si	Total	2	180
r5	Cocinero	Yuca Plátano	120	Si	Almacén (venta)	Si	Total	2	150
r6	Cocinero	Papas Pollo	40	Si	Almacén (venta)	Si	Total	2	230
Max	-	-	**120**	-	-	-	-	**2**	**260**
Min	-	-	**40**	-	-	-	-	**1**	**150**

r: restaurante; Aceite: tipos de aceites; P: productos que se fríe; Litros (L): cantidad de aceite en litros semanal; F filtra el aceite; TR: tiempo en que realiza la reposición total; Reu: reutiliza el aceite; Rp: reposición total o parcial.

3.1.2. Recolección de las muestras de aceites quemados

La **Tabla 3** muestra los parámetros operacionales de los aceites quemados de cada restaurante. El aceite se recolectó a través de los usos y temperaturas. A la cantidad de las muestras recolectada se le otorgó una codificación a cada aceite quemado como se muestra en la Tabla 3. La codificación r1-m1 significa restaurante uno de la primera muestra, de la misma forma r1-m2 es restaurante uno de la segunda muestra. Una codificación semejante se planteó para todos los aceites quemados. Por consiguiente, la codificación dada se va a realizar en las demás tablas. Además, se dio a conocer el máximo y mínimo de los usos consiguiendo los valores Max 500 y Min 7, así mismo sucede en la temperatura obteniendo Max 184 (°C), Min 106 (°C) con la finalidad de observar si influye en la coloración de los aceites quemados.

Tabla 3 | Parámetros operacionales medidos de cada muestra de aceites quemados en los seis restaurantes seleccionados

Muestras de Aceites quemados	Parámetros operacionales	
	Usos	Temperatura (°C)
r1-m1	13	106
r1-m2	32	125
r1-m3	7	114
r2-m1	188	177
r2-m2	500	177
r2-m3	43	177
r3-m1	30	172
r3-m2	25	114
r3-m3	23	123
r4-m1	188	182
r4-m2	170	184
r4-m3	140	184
r5-m1	100	180
r5-m2	83	180
r5-m3	70	180
r6-m1	190	145
r6-m2	150	140
r6-m3	148	152
Max	**500**	**184**
Min	**7**	**106**

3.1.3. Caracterización fisicoquímica de las materias primas para la producción del jabón

En el parámetro físico de la densidad se calculó el promedio a partir de las réplicas que se muestra en el Anexo 3. Por otro lado, el color del aceite quemado recolectados se determinó y expresados en la escala de *CIELab* presentada en la **Tabla 4**.

Tabla 4 | Comportamiento de los parámetros físicos de los aceites quemados

Aceite quemado	Densidad (g/mL) Promedio	Color ΔE	Imagen
r1-m1	0,91	37,18	
r1-m2	0,92	47,77	
r1-m3	0,92	27,53	
r2-m1	0,92	39,57	
r2-m2	0,92	43,24	
r2-m3	0,92	43,03	
r3-m1	0,92	46,04	
r3-m2	0,92	45,86	
r3-m3	0,92	43,37	
r4-m1	0,92	54,11	
r4-m2	0,92	62,54	
r4-m3	0,92	61,41	
r5-m1	0,91	47,83	
r5-m2	0,91	47,50	
r5-m3	0,92	49,53	
r6-m1	0,92	59,55	
r6-m2	0,93	60,39	
r6-m3	0,92	62,45	

Con respecto al color del aceite quemado, hubo una diferencia del máximo y mínimo en la escala de *CIELab*, destacando los restaurantes en L* (r1-m3, r6-m2), a* (r1-m1, r4-m2), b* (r3-m2, r6-m2). Así mismo, se tomó los valores de un nuevo aceite L* (64,9), a* (-3,1) y b* (22,1) para obtener el valor del Delta E (ΔE) adquirido a partir de una ecuación, existen diferencia entre el máximo con 62,54 (r4-m2) y el mínimo con 27,53 (r1-m3).

Mientras en los parámetros químicos que se muestra en la **Tabla 5**, se calculó el promedio a partir de las réplicas que se encuentra en el Anexo 4. Se puede señalar en el índice de saponificación hubo tres muestras insaponificables debido la cantidad de usos que se presentó en el aceite quemado, así mismo en el índice de refracción se observó tres muestras que no fueron detectados por el refractómetro dado a la coloración afecta a que se visualiza la lectura.

Tabla 5 | Comportamiento de los parámetros químicos de los aceites quemados

Aceite quemado	Humedad (%)	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Índice de refracción
	Promedio	Promedio	Promedio
r1-m1	0,07	156,15	1,33
r1-m2	0,11	155,96	1,33
r1-m3	0,07	153,00	1,33
r2-m1	0,14	Insaponificable	1,33
r2-m2	0,36	122,83	1,33
r2-m3	0,26	156,02	1,33
r3-m1	0,10	119,49	1,33
r3-m2	0,04	118,37	1,33
r3-m3	0,03	116,13	1,33
r4-m1	0,16	103,22	1,33
r4-m2	0,08	114,18	1,33
r4-m3	0,03	110,52	1,33
r5-m1	0,08	Insaponificable	no detectado
r5-m2	0,01	111,08	no detectado
r5-m3	0,28	109,96	no detectado
r6-m1	0,03	Insaponificable	1,33
r6-m2	0,17	109,64	1,33
r6-m3	0,12	104,91	1,33

3.1.4. Análisis estadístico

Como se muestra en la **Figura 3**, la correlación de Pearson permite identificar rápidamente las relaciones más fuertes entre las variables. Los colores que tienden al rojo indican una correlación positiva, mientras que los colores que tienden al azul indican una correlación negativa, así como la intensidad del color refleja la fuerza de la correlación y los valores en las celdas representan el coeficiente de correlación, con -1 siendo una correlación negativa perfecta, 0 indicando ninguna correlación y 1 siendo una correlación positiva perfecta. Esta visualización permitió identificar que hay una correlación negativa muy fuerte entre "Lƶ .ᴬƶ una correlación positiva muy fuerte entre .ᴬƶ "Delta E".

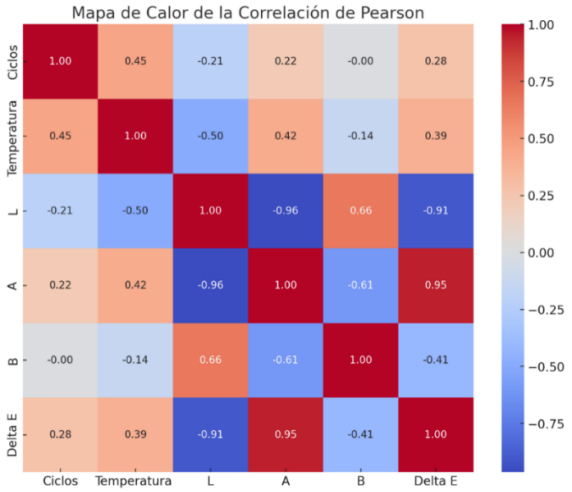


Figura 3 | Correlación de Pearson de los aceites quemados

En el análisis de correlación de Pearson realizado sobre el conjunto de datos relacionados con las propiedades de color *CIELab*, se encontraron correlaciones significativas entre varias de las variables estudiadas. Destaca la fuerte correlación negativa entre las variables "L"(luminosidad) y .A"(componente de color que va de verde a rojo), con un coeficiente de (- 0,96), lo cual sugiere que a medida que aumenta la luminosidad, hay una disminución notable en la componente roja-verde del color. Por otro lado, se observó una fuerte correlación positiva entre .Az "Delta E"(cambio total en el color), con un coeficiente de (0,95), indicando que variaciones en la componente roja-verde están estrechamente asociadas con cambios perceptibles en el color total. Estas correlaciones resaltan relaciones intrínsecas entre las dimensiones de color en el espacio *CIELab*, que son fundamentales en aplicaciones prácticas como el control de calidad del color en diversos procesos industriales.

La **Figura 4** muestra el diagrama de calor de la correlación de Pearson entre seis variables medidas: temperatura, usos, refracción, índice de saponificación, humedad y densidad. De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que la temperatura tiene una correlación positiva moderada con la humedad (0,38) y una correlación negativa moderada con la densidad (- 0,45).

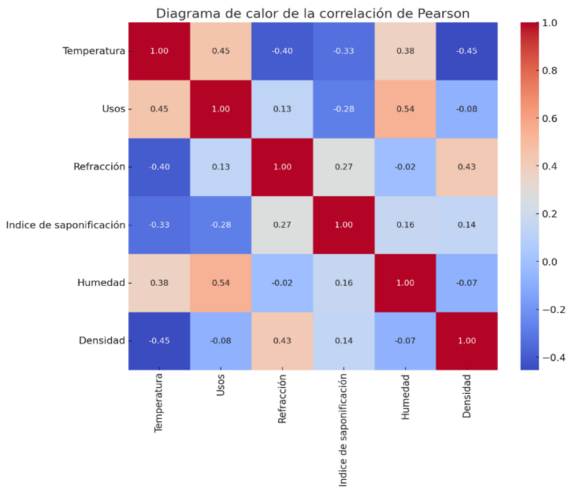


Figura 4 | Correlación de Pearson de los análisis físicos y químicos de los aceites quemados

Los usos tienen una correlación positiva fuerte con la humedad (0,54) y una correlación negativa moderada con la densidad (- 0,08). La refracción tiene una correlación positiva moderada con el índice de saponificación (0,27) y una correlación negativa moderada con la densidad (- 0,43). El índice de saponificación tiene una correlación positiva moderada con la humedad (0,16). Por lo que se establece que con la información de la Figura 4, manifiesta que la temperatura y la humedad están positivamente correlacionadas, lo que significa que a medida que aumenta la temperatura, también aumenta la humedad. La temperatura y la densidad están negativamente correlacionadas, lo que significa que a medida que aumenta la temperatura, la densidad disminuye. Los usos y la humedad están positivamente correlacionados, lo que significa que a medida que aumenta el uso, también aumenta la humedad. Los usos y la densidad están negativamente correlacionados, lo que significa que a medida que aumenta el uso, la densidad disminuye. La refracción y el índice de saponificación están positivamente correlacionados, lo que significa que a medida que aumenta la refracción, también aumenta el índice de saponificación. La refracción y la densidad están negativamente correlacionadas, lo que significa que a medida que aumenta la refracción, la densidad disminuye. El índice de saponificación y la humedad están positivamente correlacionados, lo que significa que a medida que aumenta el índice de saponificación, también aumenta la humedad.

3.1.5. Propuesta tecnológica

Se confeccionaron jabones a escala de laboratorio con las materias primas (aceites quemados de los restaurantes). La **Tabla 6** se muestra la caracterización de color *CIELab* de los jabones obtenidos a esta escala. Puede observarse que la materia prima (aceite quemado) ha influido en la coloración de los jabones, esto se aprecia por la variación del ΔE con respecto al jabón de referencia.

Tabla 6 | Caracterización de color *CIELab* del jabón

Jabón	*CIELab*			ΔE	Imagen
	L	A	B		
r1-m1	74,5	-1,8	20,9	20,54	
r1-m2	66,7	-0,8	26,8	25,97	
r1-m3	70,4	-0,4	21,1	20,12	
r2-m1	65,1	1,0	25,2	24,65	
r2-m2	71,4	-0,8	20,9	19,99	
r2-m3	68,1	-1,0	23,8	22,86	
r3-m1	72,8	-0,3	28,7	27,88	
r3-m2	69,7	-0,9	32,1	31,10	
r3-m3	72,4	-1,2	20,7	19,91	
r4-m1	70,7	-1,2	27,5	26,53	
r4-m2	67,8	-0,6	25,6	24,67	
r4-m3	67,6	2,0	52,6	51,69	
r5-m1	71,4	-1,3	26,3	25,38	
r5-m2	71,3	-1,5	25,1	24,18	
r5-m3	71,7	-1,7	27,8	26,91	
r6-m1	66,5	-0,1	31,5	30,66	
r6-m2	68,2	3,4	43,2	42,39	
r6-m3	66,9	0,6	50,3	49,38	

En cuanto a las relaciones color contenido de pigmentos en función del espacio de color recomendados por Lab que se muestra en la Tabla 6, se obtuvo los valores de Delta E (ΔE)

a partir de la muestra y el valor de un jabón comercial las cuales son L* (69,6), a* (- 0,4) y b* (1,0), además considerando el resultado del ΔE obteniendo los valores máximos (r2-m3) y mínimo (r3-m3). Por otro lado, la temperatura no muestra un efecto significativo sobre la calidad del jabón.

El análisis de correlación realizado sobre los datos de aceites quemados, evaluando variables como el número de ciclos de uso, la temperatura de uso, las coordenadas de color *CIELab* (L, a, b), y la diferencia de color (ΔE), revela las interacciones entre estas variables, apoyándose visualmente en un mapa de calor de correlación de Pearson **Figura 5**. A través de este mapa, se observa que la temperatura de uso muestra una correlación moderada a fuerte con las coordenadas de color B y ΔE, sugiriendo que, a mayor temperatura, hay cambios significativos en el color del aceite. Por otro lado, los ciclos de uso parecen tener una relación menos directa con las variaciones de color, lo que indica que el efecto de la reutilización sobre las propiedades cromáticas del aceite es menos predecible que el de la temperatura.

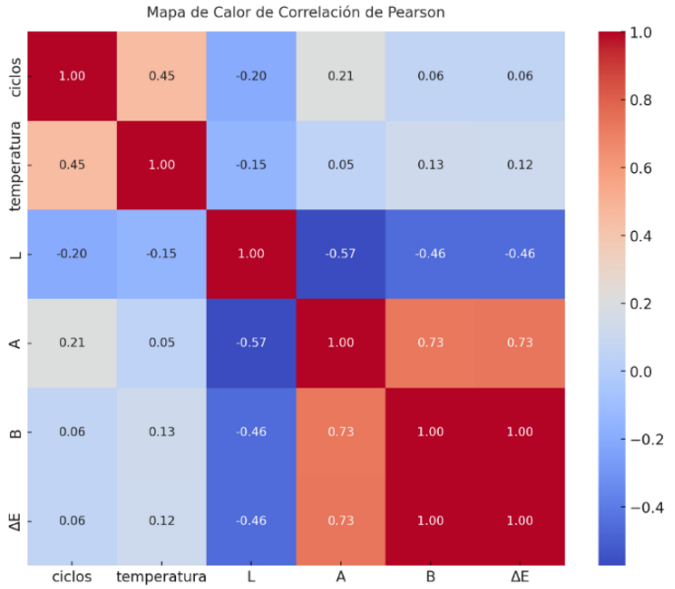


Figura 5 | Correlación de Pearson de los jabones

La propuesta tecnológica consta de cinco operaciones como se observa en el diagrama de bloque de la **Figura 6 A**. Las materias primas del proceso son el aceite quemado, el NaOH y el agua. Se prepara una solución de NaOH y agua y se homogeniza, la cual se mezcla con el aceite quemado posteriormente. La operación de mezclado se realiza a una temperatura inferior a 40 ºC, de manera lenta y con agitación. La mezcla debe cambiar la textura a pastoso indicativo de que comienza la reacción de saponificación. Una vez completada la saponificación se efectúa el moldeado, que consiste en colocar o verter la mezcla en moldes y se dejar reposar una hora para que se endurezca (solidifique). Por último, se debe dejar enfriar a temperatura ambiente. El reposo debe ser de un mes aproximadamente, obteniendo el jabón.

En la **Figura 6 B** se muestra diagrama de *Gantt* donde las operaciones se han jerarquizado teniendo en cuenta el tiempo. Donde *Charge* hace referencia a las cargas de las corrientes, donde primero ocurre el llenado del NaOH en agua durante tres min. Seguidamente ocurre disociación del NaOH en agua con agitación en 25 min. Posteriormente durante 17 min se transfiere el NaOH disociado en el aceite quemado. Inmediatamente que comienza la transferencia comienza la agitación y la reacción de saponificación. Una vez terminada la reacción se verte en los moldes y comienza la operación de enfriamiento que tiene un tiempo de un mes.

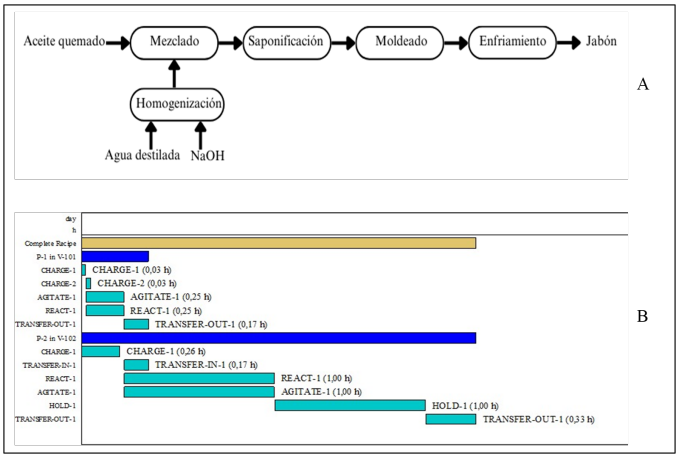


Figura 6 | Proceso de obtención de jabón a partir de aceites quemados. (A) Diagrama de Bloque (B) Diagrama de *Gantt*

En la **Figura 7** se muestra el esquema tecnológico que va a utilizar en el proceso del jabón. Esta tecnología se compone de dos tanques homogenizadores, en el primero ocurre la reacción de disociación del NaOH más agua y en el segundo la reacción de saponificación, finalmente se obtiene el jabón.

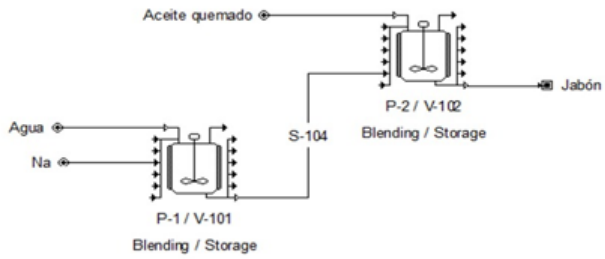


Figura 7 | Diagrama de flujo de proceso

3.2. Discusión

3.2.1 Comportamiento de los parámetros operacionales de las muestras recolectadas de aceites quemados

En la **Tabla 2** se evidencia que algunos restaurantes no realizan su filtrado para la reutilización del aceite. Al usar aceites usados en la fabricación de jabón, es importante tener en cuenta que pueden contener impurezas o residuos que pueden afectar la calidad del jabón. Es recomendable filtrar y purificar los aceites usados antes de usarlos en la fabricación de jabón para obtener resultados óptimos (Amaya and González 2021). Estos autores mencionan en su artículo que la filtración de los aceites es un proceso importante debido a que permite remover sustancias carbonosas producidas a partir de material orgánico quemado, restos de comida y otros sólidos infusibles. Se recomienda que el aceite debe ser filtrado a altas temperaturas con el objetivo de que obtenga un nivel de compuestos polares adecuados para poder fabricar jabón de buena calidad (Salguero et al. 2019). A través de

estudios se ha establecido que el aceite puede ser reutilizado para hasta seis rondas de fritura, especialmente si se utiliza una freidora y se añade aceite fresco en cada ocasión. En cambio, si se utiliza una olla o sartén, se permite el uso para cuatro frituras, según pruebas realizadas (López et al. 2019). Para realizar la comprobación, se recomienda analizar la presencia de compuestos polares en el aceite, mediante el uso del *Kit Oleotest*, o con el medidor de compuestos polares (León and Aguilar 2019). Sin embargo, Suaterna (2009) menciona que los aceites de fritura se reutilizan varias veces para freír nuevas porciones de alimentos, por ejemplo, en servicios de alimentación, se pueden usar hasta 22 veces, y en restaurantes, hasta 30 veces, con una duración diaria de 8 horas para ambos, con un cambio de aceite semanal.

En la **Tabla 2** se puede evidenciar que varios restaurantes trabajan a una temperatura superior a la de punto de humo 180-200 °C lo que da lugar a altas emisiones de compuestos volátiles, incluidos los potencialmente tóxicos compuestos como la Acroleína (aldehído cancerígeno) (Uriarte and Guillén 2010). Durante la fritura la acumulación de los productos de descomposición como los ácidos grasos libres y el glicerol dan como resultado una disminución de la temperatura del punto de humo (Gomna, N'Tsoukpoe, Le Pierrès and Coulibaly 2019).

En la recolección de los aceites quemados se toma en cuenta una serie de usos que conlleva a diferentes etapas de la parte experimental, debido a que el aceite deteriora en función del tiempo de fritura y afecta en la coloración en el aceite quemado (Artiga et al. 2013). Por otro lado, en altas temperatura el aceite acelera la oxidación de los ácidos grasos, sobre todo por encima de los 60 °C, donde la velocidad de oxidación se duplica cada vez que la temperatura aumenta en 15 °C (Artiga, Gonzáles, Klee and Valle 2013). Según Dodoo et al. (2022), el aceite se calienta a elevadas temperaturas en presencia de oxígeno, cuanto más se calienta el aceite, ocurre mayor degradación y más compuestos tóxicos se forman. Estos compuestos resultantes son dímeros, polímeros no polares, monómeros cíclicos, isómeros trans. Así mismo según Villacrés (2022) menciona que el aceite de vegetal calentado repetidamente entre 180 °C y 220 °C en diferentes ciclos de fritura o usos, tiene un efecto significativo sobre la estabilidad oxidativa del aceite.

3.2.2 Caracterización fisicoquímica de las materias primas para la producción del jabón

La densidad es un método de análisis físico relacionado con las insaturaciones del aceite, además del peso molecular de la cadena larga de aminoácidos grasos (Santos 2018). Los aceites vegetales quemados sufren diversas reacciones como la polimerización, que hace que los aceites se espesen, y se forma un residuo marrón en las freidoras, debido a la acumulación de productos de la oxidación continua de los aceites, que pueden afectar la densidad y hacerlos espesos (Santos 2018).

Huanaco et al. (2022) mencionan que la densidad de los aceites vegetales quemados decrece linealmente al aumentar la temperatura. Esta misma relación se evidencia en esta investigación (Figura 4), donde la temperatura y la densidad están negativamente correlacionadas. La norma NTE INEN 35 establece que la densidad de los aceites vegetales comestibles es de 0,895-0,91. Como se observa en la Tabla 4 los resultados de la caracterización física de los aceites para producir jabón, comparado con otros estudios similares, en cuanto a la densidad algunas muestras si sobrepasan los valores establecidos según la norma, y esto puede deberse a la saturación de los ácidos grasos efectuado por el calentamiento al que los aceites se han expuesto y usado.

La humedad es un parámetro que se usa para evaluar la vida útil, lo cual puede provocar la reacción del exceso de agua con grasas no saponificada para dar ácidos grasos libre. Un estudio realizado por Legesse (2020) demostró que los valores de humedad estaba en un rango 14,47 ± 0,84%. A su vez para elaborar jabones el contenido de humedad se mostró por debajo de los límites permisibles de 30%. Por otro lado, Antonić et al. (2020a) demostraron que el contenido de humedad puede ser de 24,90% al 43,24% para la elaboración del jabón.

En cambio, en el color de los aceites quemados menciona Abera et al. (2023) en el momento de la fritura obtuvieron un mayor contenido de humedad que afecta el color del aceite, cambia de marrón a marrón oscuro, debido a la presencia de agua que resultó de la hidrólisis y ayuda a la degradación. La temperatura y la humedad están positivamente correlacionadas, es decir, a medida que aumenta la temperatura, también aumenta la humedad.

La reacción de saponificación es conocida como la hidrólisis alcalina de triglicéridos, es el proceso que se realiza en frio en la elaboración de jabón (Maotsela et al. 2019). Los triglicéridos son uno de los componentes principales entre las grasas vegetales comestibles. Estas moléculas reaccionan con una base como el hidróxido de sodio (NaOH), en fase acuosa generando sales de sodio con la presencia de ácidos grasos hidrolizados (moléculas de jabón) (Maotsela, Danha and Muzenda 2019).

Abera, Diro and Beyene (2023) menciona que los valores de saponificación de un aceite vegetal quemado debe ser 126,8 mg KOH/g y 221 mg KOH/g. Los estudios de caracterización demostraron que los valores altos de saponificación indican que las muestras serán útiles para la producción de jabón (Adane 2020). Los aceites vegetales experimentan alteraciones físicos químicos después de ser empleados en procesos de fritura, los ácidos grasos de cadena corta tienen menor peso y consumen más KOH debido a la oxidación (Bombón 2021). La saponificación de la grasa consiste en dividirla en dos partes (ácido y alcohol), los componentes de las grasas que no se descomponen se denominan insaponificables (Natividad Arvildo 2023).

La materia insaponificable se relaciona con el contenido de sustancias del aceite vegetal solubles en solventes polares, pero no sufre saponificación, como los esteroles, tocoferoles, tocotrienoles y carotenos, entre otros (Félix et al. 2017). En índice de refracción es una determinación física que está relacionada con el peso molecular de la sustancian, el grado de instauración, el grado de conjugación de los componentes y la longitud de sus cadenas, dependerá de la temperatura (Abera, Diro and Beyene 2023). El índice de refracción a 300 °C para la muestra de aceite quemado fue de 1,47, a su vez a la temperatura de 50 °C se mostró 1,46 dado que la instauración de los aceites disminuye después de freír

debido a que los aceites no son puros (Salguero, Morejón and Carranza 2019). Según León and Aguilar (2019) menciona que el índice de refracción se ve afectado por el tipo de alimentos frito de lo cual afecta los valores de las muestras, lo que mostro valores significativo entre 1,4954 y 1,4953.

El comportamiento de los parámetros físicos de los aceites quemados de la Tabla 4 en este estudio proporcionan una comprensión más profunda de las interacciones entre las variables de color en el modelo *CIELab*. La fuerte correlación negativa entre "L$^{\tau}$.^{A}"podría ser atribuible a características específicas del material o proceso bajo estudio, donde cambios en la luminosidad afectan de manera inversa la intensidad de los tonos rojos-verdes (Ma et al. 2022).

Esta relación es crucial para diseñadores y técnicos de color, ya que subraya la importancia de considerar cómo los ajustes en una dimensión de color pueden influir en otras. La correlación positiva entre .$^{A}\tau$ "Delta Eresalta la sensibilidad del color total a variaciones en la componente roja-verde, lo cual es relevante en la evaluación de la consistencia y calidad del color en procesos de fabricación (Becerra et al. 2018). Estos resultados abren la puerta a investigaciones futuras para explorar cómo estas correlaciones pueden ser explotadas para mejorar las técnicas de control de color y desarrollar nuevos estándares en diversas industrias.

3.2.3

4. Conclusiones

Se demostró en la presente investigación que los aceites quemados provenientes de la fritura de alimentos y posteriormente filtrados permiten la obtención de jabón. Las características físicas y químicas de los aceites quemados están influenciadas por los usos y en mayor medida por la temperatura de cocción, y repercuten en las características físicas del jabón. A mayor temperatura, hay cambios significativos en el color del aceite quemado.

La propuesta tecnológica cuenta con cinco etapas para la elaboración del jabón a partir de estos aceites quemados, además no genera subproductos por lo que permite reutilizar este tipo de residuo dándole atributos de tecnología con una perspectiva ecológica. Sin embargo, trabajos futuros deben estudiar los atributos cosméticos y toxicológicos de este producto.

Contribuciones de los autores

Evelyn Dayana Zabala Aguirre: Adquisición y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Janina Paola Japón Sánchez: Adquisición y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Estela Guardado Yordi: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

ABERA, B. H., A. DIRO AND T. T. BEYENE The synergistic effect of waste cooking oil and endod (Phytolacca dodecandra) on the production of high-grade laundry soap. Heliyon, 2023, 9(6), e16889. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16889.

ABREU-NARANJO, R., E. G. YORDI, M. RADICE, L. SCALVENZI, et al. Preliminary study regarding the optimisation of the accelerated ageing of sugar cane spirit by applying ultrasound-assisted extraction and white oak chips (Quercus Alba). Food Analytical Methods, 2023, 16(6), 1120-1130. https://doi.org/10.1007/s12161-023-02493-6.

ADANE, L. Preparation of laundry soap from used cooking oils: Getting value out of waste. Scientific Research and Essays, 2020, 15(1), 1-10. https://doi.org/10.5897/SRE2019.6649.

AMAYA, G. M. A. AND C. D. T. GONZÁLEZ. Propuesta de aprovechamiento de aceites de cocina usados para la producción de biodiésel. Estudio de caso Conjunto Murano II, barrio Mazuren, Bogotá DC. Tesis de Grado, Universidad El Bosque, 2021. https://hdl.handle.net/20.500.12495/7086.

ANTONIĆ, B., D. DORDEVIĆ, S. JANČÍKOVÁ AND I. KUSHKEVYCH Antimicrobial activity of natural soaps tested by Bioscreen methodology. Studia Biologica, 2020a, 23–32. https://doi.org/10.30970/sbi.1401.608.

ANTONIĆ, B., D. DORDEVIĆ, S. JANČÍKOVÁ, B. TREMLOVA, et al. Physicochemical characterization of home-made soap from waste-used frying oils. Processes, 2020b, 8(10), 1219. https://doi.org/10.3390/pr8101219.

ANTONIC, B., D. DORDEVIC, S. JANCIKOVA, B. TREMLOVA, et al. Reused plant fried oil: A case study with home-made soaps. Processes, 2021, 9(3), 529. https://doi.org/10.3390/pr9030529.

ARTIGA, A., J. GONZÁLES, R. KLEE AND F. VALLE. Evaluación de parámetros de deterioro de aceites comestibles salvadoreños en el freído. Tesis de Maestria, Instituto Químico de Sarrià, 2013.http://hdl.handle.net/11674/6058.

AZME, S. N. K., N. S. I. M. YUSOFF, L. Y. CHIN, Y. MOHD, et al. Recycling waste cooking oil into soap: Knowledge transfer through community service learning. Cleaner Waste Systems, 2023, 4. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100084.

BACA, H. K. L. AND P. J. M. URBINA. Conocimiento de aceites de cocina reutilizados y su relación con la salud de pobladores Autogestionario Huaycán Zona-C Ate Lima 2022. Tesis de Maestria Universidad Interamericana, 2022. http://repositorio.unid.edu.pe/handle/unid/289.

BECERRA, H. M., M. A. VÉLEZ, M. A. RAMOS, P. RICHTER, et al. Characterization and evaluation of phenolic profiles and color as potential discriminating features among Spanish extra virgin olive oils with protected designation of origin. Food Chemistry, 2018, 241, 328-337. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.106.

BERNAL, E. I., B. D. RUBIANO AND V. B. L. RIVEROS. Fabricacion de jabón artesanal a partir del aprovechamiento del aceite de cocina usado. Tesis de Licenciatura, en Ingeniería de Sistemas, 2021. http://hdl.handle.net/10882/10791.

BOMBÓN, S. A. D. Determinación de los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, 2021. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32552.

CASTAÑEDA, S. J. I. Análisis de la generación de residuos de aceite de uso domiciliar para promover la correcta gestión y sensibilización ambiental de la población del Cantón Esmeraldas. Tesis de Doctorado, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental, 2018. https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/37630.

DODOO, D., F. ADJEI, S. K. TULASHIE, K. E. ADUKPOH, et al. Quality evaluation of different repeatedly heated vegetable oils for deep-frying of

yam fries. Measurement: Food, 2022, 7. https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2022.100035.

FÉLIX, S., J. ARAÚJO, A. M. PIRES AND A. C. SOUSA Soap production: A green prospective. Waste Management, 2017, 66, 190-195. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.036.

GOMNA, A., K. E. N'TSOUKPOE, N. LE PIERRÈS AND Y. COULIBALY Review of vegetable oils behaviour at high temperature for solar plants: Stability, properties and current applications. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2019, 200, 109956. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2019.109956.

HARTINI, S., Y. FIANTIKA, Y. WIDHARTO AND M. HISJAM Optimal treatment combination for dishwashing liquid soap based on waste cooking oil according to the requirement of indonesian quality standards 2021, 8(2), 492-498. https://doi.org/10.5109/4480734.

HUANACO, C. N., M. R. AYME AND R. R. CHAMBI Elaboración de jabón para uso industrial a partir del aceite reciclado en el pueblo tradicional de Carmen Alto del distrito de Cayma, Arequipa 2020. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 2022, 6(2), 4436-4466. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2191.

INEN Aceites y grasas de origen animal y vegetal determinación de la densidad relativa. NTE INEN 35, 2012, https://www.studocu.com/bo/document/universidad-autonoma-gabriel-rene-moreno/arquitectura-de-computadoras/nte-inen-35-1-la-paradoja-del-barco-de-teseo-se-basa-en-hacerse-la-pregunta-de-si-despues/27016318.

INEN Aceites y grasas de origen animal y vegetal-determinación del contenido de humedad y materias volátiles. NTE INEN-ISO 662, 2013a,

INEN Aceites y Grasas de origen animal y vegetal. Determinación del Índice de refracción. (IDT). NTE INEN-ISO 6320, 2013b, https://pdfcoffee.com/6320-indice-de-refraccion-2-pdf-free.html.

INEN Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de saponificación. NTE INEN-ISO 3657, 2013c, https://docplayer.es/79208906-Quito-ecuador-norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-iso-3657-2013-extracto.html.

LACATUSU, I., D. ISTRATI, N. BORDEI, M. POPESCU, et al. Synergism of plant extract and vegetable oils-based lipid nanocarriers: Emerging trends in development of advanced cosmetic prototype products. Materials Science and Engineering: C, 2020, 108, 110412. https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110412.

LEGESSE, A. Preparation of laundry soap from used cooking oils: Getting value out of waste. Scientific Research and Essays, 2020, 15(1), 1-10. https://doi.org/10.5897/SRE2019.6649.

LEÓN, M. W. M. AND D. R. J. AGUILAR Índice de oxidabilidad del aceite de Helianthus annuus L."Girasol" expuesto a calentamiento discontinuo en frituras de carne fresca y desecada. Agroindustrial Science, 2019, 9(1), 39-46. https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.01.05.

LÓPEZ, C. K., V. J. ROJAS AND S. J. BOGANTES Integral management of residual vegetable cooking oil from restaurants on the Omar Dengo Campus of the Universidad Nacional, Costa Rica. Uniciencia, 2019, 33(1), 18-29. http://dx.doi.org/10.15359/ru.33-1.2.

MA, T., H. WANG, M. WEI, T. LAN, et al. Application of smart-phone use in rapid food detection, food traceability systems, and personalized diet guidance, making our diet more health. Food Research International, 2022, 152, 110918. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110918.

MAOTSELA, T., G. DANHA AND E. MUZENDA Utilization of Waste Cooking Oil and Tallow for Production of Toilet "Bath" Soap. Procedia Manufacturing, 2019, 35, 541-545. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.07.008.

MIDHUN, J., D. STEPHI, K. M. SELVI, Y. KAMESHWARI, et al. Effect of Emerging Pretreatment Methods on Extraction and Quality of Edible Oils: A Review. Food and Humanity, 2023, 1, 1511-1522. https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.10.018.

MURPHY, D. J., K. GOGGIN AND R. R. M. PATERSON Oil palm in the 2020s and beyond: challenges and solutions. CABI Agriculture and Bioscience, 2021, 2(1), 39. https://doi.org/10.1186/s43170-021-00058-3.

NATIVIDAD ARVILDO, P. Caracterización y manejo del aceite vegetal usado en los establecimientos de comida de la ciudad de Tingo María–Huánuco, 2022. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2023. https://hdl.handle.net/20.500.14292/2594.

NAVARRO, S. L. B. Importancia de las grasas y aceites en la dieta y los efectos de la operación de fritura sobre la inocuidad de los alimentos. Revista Ciencia y Tecnología El Higo, 2022, 12(1), 42-52. https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i1.14525.

PANDISELVAM, R., S. MITHARWAL, P. RANI, M. A. SHANKER, et al. The influence of non-thermal technologies on color pigments of food materials: An updatedreview. Current Research in Food Science, 2023, 6, 100529. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100529.

PEREGONCHAYA, O., N. KOROLKOVA AND S. SOKOLOVA Digital image analysis in determining the color number of vegetable oils. Atlantis Press, 2019, 219-222. https://doi.org/10.2991/ispc-19.2019.49.

PRIETO, G. M., D. ROBALINO, P. L. SARDUY, B. C. ESPINOZA, et al. Management strategies for used cooking oils. Case study Barrio Obrero, Puyo, Ecuador 2019, 1-4. https://doi.org/10.3390/mol2net-05-06716.

RESENDE, L. M. B., E. J. MAGALHÃES AND C. A. NUNES Optimization and validation of a smartphone-based method for the determination of total sterols in selected vegetable oils by digital image colorimetry. Journal of Food Composition and Analysis, 2023, 117, 105111. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105111.

SALGUERO, H. S., F. B. MOREJÓN AND C. C. CARRANZA Componentes presentes en el aceite de fritura usado y determinantes previos a su conversión en biodiesel. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 2019, 22(44), 33-38. https://doi.org/10.15381/iigeo.v22i44.17283.

SANTOS, A. S. E. Estudio de la estabilidad del aceite de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) a diferentes condiciones de inhibición oxidativa. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, 2018. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28374.

SUATERNA, H. A. C. La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. Perspectivas en Nutrición Humana, 2009, 11(1), 39-53. https://doi.org/10.17533/udea.penh.9390.

SUAZA MONTALVO, A. Desarrollo de una estrategia de escalamiento para procesos de producción de emulsiones. Tesis de Maestria, Universidad Nacional de Colombia, 2020. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78034.

UJONG, A., N. EMELIKE, F. OWUNO AND P. OKIYI Effect of frying cycles on the physical, chemical and antioxidant properties of selected plant oils during deep-fat frying of potato chips. Food Chemistry Advances, 2023, 3, 100338. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100338.

URIARTE, P. AND M. GUILLÉN Formation of toxic alkylbenzenes in edible oils submitted to frying temperature: Influence of oil composition in main components and heating time. Food Research International, 2010, 43(8), 2161-2170. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.022.

VILLACRÉS, P. M. D. Efecto de la temperatura y el número de frituras sobre el perfil de ácidos grasos de diferentes aceites comestibles. Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato, 2022. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34279.