Revista de Investigación Multidisciplinaria

CTSCAFE PARA CIUDADANOS.....

http://www.ctscafe.pe

ISSN 2521-8093



Volumen X- N°30 NOVIEMBRE 2026

http;//www.ctscafe.pe

Lima - Perú

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

CTS CAFE Para ciudadanos…

http://www.ctscafe.pe

Volumen X- N° 30 Noviembre 2026

ISSN 2521-8093

Factores que influyen en el incremento de la acidez del aceite de soya al utilizar arcillas acido-activadas en el proceso de producción en Chosica - Lurigancho

Mag. Jhon Perez Ayala
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: jp1806perez@gmail.com

Mag. Willy Hugo Calsina Miramira Universidad
Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: willy.calsina@unmsm.edu.pe

Recibido: 04 Septiembre 2026 Aceptado:10 Noviembre 2026

Resumen: El blanqueo es una etapa crítica en la refinación del aceite de soya, orientada a eliminar impurezas y pigmentos mediante arcillas activadas; sin embargo, este proceso puede incrementar la acidez del aceite, comprometiendo su calidad final. El presente estudio analizó 10.000 registros de planta de una refinería ubicada en Chosica-Lurigancho, Perú, con el objetivo de evaluar la influencia de la temperatura (80–115°C), la concentración de jabón (90–580 ppm) y la calidad del vacío (18–28 inHg) sobre la acidez del aceite, expresada como porcentaje de ácido oleico. El análisis estadístico se realizó con el software Minitab bajo metodología Six Sigma. Los resultados mostraron que la acidez se incrementa con la concentración de jabón, tendiendo a estabilizarse a partir de ciertos umbrales (p. ej., 130 ppm a 88°C), mientras que variaciones de 1°C en la temperatura produjeron cambios medibles en la acidez. La calidad del vacío resultó ser el factor más crítico: condiciones de vacío deficiente (18–22 inHg) elevaron significativamente la acidez en comparación con un vacío óptimo (26–28 inHg). Estos hallazgos confirman que la concentración de jabón, la temperatura y, especialmente, la calidad del vacío son variables clave en el control de la acidez durante el blanqueo, y su gestión precisa es fundamental para garantizar la calidad del aceite y el cumplimiento de las normas técnicas vigentes.

Palabras clave: Aceite de soya/ Blanqueo/ Arcillas activadas/ Acidez/ Vacio.

Abstract: Bleaching is a critical stage in soybean oil refining, aimed at removing impurities and pigments through activated clays; however, this process can increase oil acidity, compromising its final quality. This study analyzed 10,000 plant records from a refinery located in Chosica-Lurigancho, Peru, to evaluate the influence of temperature (80–115°C), soap concentration (90–580 ppm), and vacuum quality (18–28 inHg) on oil acidity, expressed as percentage of oleic acid. Statistical analysis was performed using Minitab software under a Six Sigma methodology. Results showed that acidity increased with soap concentration, tending to stabilize beyond certain thresholds (e.g., 130 ppm at 88°C), while temperature variations of 1°C produced measurable changes in acidity. Vacuum quality proved to be the most critical factor: deficient vacuum conditions (18–22 inHg) significantly elevated acidity compared to optimal vacuum (26–28 inHg). These findings confirm that soap concentration, temperature, and parti-

cularly vacuum quality are key variables controlling acidity during bleaching, and their precise management is essential to ensure oil quality and compliance with technical standards.

Keywords: Soybean oil / Bleaching / Activated clays/ Acidity/ Vacuum.

Résumé: La décoloration est une étape critique du raffinage de l'huile de soja, visant à éliminer les impuretés et les pigments au moyen d'argiles activées ; toutefois, ce processus peut accroître l'acidité de l'huile, compromettant ainsi sa qualité finale. La présente étude a analysé 10 000 relevés industriels provenant d'une raffinerie située à Chosica-Lurigancho, au Pérou, afin d'évaluer l'influence de la température (80–115 °C), de la concentration en savons (90–580 ppm) et de la qualité du vide (18–28 inHg) sur l'acidité de l'huile, exprimée en pourcentage d'acide oléique. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel Minitab, selon la méthodologie Six Sigma. Les résultats ont montré que l'acidité augmente avec la concentration en savons, tout en tendant à se stabiliser au-delà de certains seuils (par ex. 130 ppm à 88 °C), tandis que des variations de température de 1 °C ont entraîné des changements mesurables de l'acidité. La qualité du vide s'est avérée être le facteur le plus critique : des conditions de vide insuffisantes (18–22 inHg) ont entraîné une augmentation significative de l'acidité par rapport à un vide optimal (26–28 inHg). Ces conclusions confirment que la concentration en savons, la température et, tout particulièrement, la qualité du vide constituent des variables clés pour le contrôle de l'acidité durant la décoloration ; leur gestion précise est donc fondamentale pour garantir la qualité de l'huile et le respect des normes techniques en vigueur.

Mots-clés: Huile de soja / Décoloration / Argiles activées / Acidité / Vide.

1. Introducción

La creciente demanda mundial de aceites y grasas vegetales ha impulsado el desarrollo de procesos de refinación más eficientes, orientados a garantizar la calidad del producto final destinado al consumo humano. Los frutos oleaginosos desempeñan un papel fundamental como materia prima en diversas aplicaciones industriales, lo que subraya la necesidad de mantener altos estándares de calidad en los aceites que se entregan al consumidor. Para ello, el aceite crudo es sometido a un proceso de refinación que comprende etapas sucesivas: desgomado, neutralizado, lavado, blanqueo y desodorizado, cada una de las cuales incide directamente en las propiedades fisicoquímicas del producto final (Mounts y Khym, 1983).

El blanqueo constituye una etapa crítica de este proceso, cuyo objetivo principal es eliminar pigmentos, impurezas y compuestos no deseados —incluyendo ácidos grasos libres— mediante el uso de arcillas minerales denominadas tierras de blanqueo (González, 2006). En la industria refinadora se utilizan principalmente dos tipos de arcillas: las ácido-activadas y las neutras. Las primeras son ampliamente preferidas por su elevado poder decolorante; sin embargo, presentan una desventaja significativa: confieren acidez al aceite al promover su hidrólisis y la consecuente liberación de ácidos grasos libres (Badui, 2006). Las arcillas neutras, por su parte, no elevan la acidez del aceite, pero su capacidad decolorante es menor, razón por la cual su uso está condicionado a las exigencias de color del producto final en cada planta refinadora.

Graciani (2012) precisa que el incremento en la acidez libre durante el blanqueo está directamente relacionado con cuatro variables: la acidez de la tierra empleada, la cantidad adicionada, la temperatura de trabajo y el tiempo de contacto. Esta interacción multivariable hace que el

control del proceso sea complejo, especialmente en instalaciones industriales de mediana y pequeña escala que operan con recursos tecnológicos limitados. En estas condiciones, si el aceite blanqueado ingresa a la etapa de desodorizado con una acidez elevada y el sistema no dispone de un vacío suficiente, los ácidos grasos libres no pueden eliminarse completamente, comprometiendo la estabilidad oxidativa y la calidad del producto final. La presencia de ácidos grasos libres en exceso, además, constituye un sustrato fácilmente atacable por el oxígeno, lo que acelera la oxidación del aceite y reduce su vida útil. Esto tiene consecuencias prácticas importantes: por ejemplo, los fabricantes de mayonesa y otros productos emulsionados prefieren aceites con baja acidez, dado que una acidez elevada compromete la estabilidad de la emulsión.

Hernández (2004) establece que el contenido de ácidos grasos libres tras la refinación debe ser inferior a 0,10%, siendo la meta óptima un valor de 0,05% o menos. En la práctica industrial, plantas refinerías con sistemas de vacío deficiente pueden registrar acideces superiores a 0,25% tras el blanqueo, valor que excede ampliamente los límites aceptables si no se corrige en etapas posteriores. Estos parámetros están respaldados por la norma internacional Codex STAN 210-1999 y su equivalente peruana NTP CODEX STAN 210:2014, que fijan un valor máximo de 0,6 mg KOH/g para aceites vegetales refinados. El cumplimiento de estas normativas es un requisito indispensable para la comercialización del aceite refinado tanto en el mercado nacional como en el internacional.

Diversos estudios han abordado aspectos relacionados con el blanqueo de aceites vegetales y el comportamiento de las arcillas adsorbentes. González (2006) evaluó el efecto del blanqueo sobre la calidad química del aceite de soya utilizando tierras reactivadas, encontrando que la incorporación de 50% de tierras activadas en el proceso permite obtener aceite de calidad, y que el tipo de reactivación tiene un efecto altamente significativo sobre los parámetros fisicoquímicos del aceite blanqueado. Por su parte, Márquez et al. (2012) evaluaron el comportamiento de distintos materiales adsorbentes en el blanqueo de aceite crudo de palma, concluyendo que la combinación de carbón activado y arcilla es más efectiva en la eliminación de pigmentos carotenoides y fósforo, aunque el color final del aceite no guarda una relación directa con la capacidad adsorbente del material utilizado.

En el campo de la purificación de aceites de freído, Trujillo (2013) diseñó y evaluó una metodología basada en adsorción, demostrando que el uso de bentonita no altera la composición del aceite vegetal y que es posible purificar aceites degradados hasta niveles aceptables para reintegrarlos al ciclo productivo. Desde la perspectiva del aprovechamiento de subproductos, Gorveña (2015) demostró la viabilidad de reutilizar borras ácidas y tierras agotadas de blanqueo provenientes de la refinación de aceites lubricantes, reactivándolas mediante neutralización alcalina y calcinación, lo que abre perspectivas interesantes para la gestión de residuos en plantas refinadoras.

En el contexto específico del aceite de palma, Salazar (2019) evaluó la reutilización de tierras provenientes de la etapa de blanqueo en la refinación industrial, verificando el cumplimiento de los parámetros establecidos por las normas AOCS y Codex Stan 210, y reportando que el uso de tierras neutras puras reduce la acidez hasta un pH de 3,4 posterior al blanqueo. De manera complementaria, Betancourt (2020) evaluó técnica y económicamente un método de reactivación de tierras de blanqueo usadas en la refinación de aceite de palma, determinando que el n-hexano como solvente y condiciones de calcinación a 500°C por 120 minutos permiten alcanzar un porcentaje de reactivación mínimo del 80% en comparación con el desempeño de la tierra virgen.

Si bien los estudios mencionados aportan valiosa información sobre el comportamiento de las arcillas adsorbentes y la calidad del aceite blanqueado, ninguno aborda de manera específica y simultánea la influencia de la temperatura, la concentración de jabón residual y la calidad del vacío sobre la acidez del aceite de soya en condiciones reales de producción industrial a gran escala. Este vacío en la literatura resulta especialmente relevante para la industria refinadora peruana, donde las plantas de mediana capacidad enfrentan limitaciones tecnológicas que hacen crítico el control de estas variables en la etapa de blanqueo.

Por lo expuesto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar los factores que influyen en el incremento de la acidez del aceite de soya al utilizar arcillas ácido-activadas en la etapa de blanqueo del proceso de refinación, a partir del análisis de 10.000 registros de planta de una refinería ubicada en Chosica-Lurigancho, Perú, aplicando análisis estadístico con Minitab y metodología Six Sigma.

2. Materiales y métodos

2.1. Localización del experimento

El presente estudio se llevó a cabo con datos provenientes de una planta refinadora de aceite de soya ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica, provincia de Lima, región Lima, Perú. La planta opera bajo un sistema de refinación convencional que comprende las etapas secuenciales de desgomado, neutralizado, lavado, blanqueo y desodorizado. En la etapa de blanqueo, la planta utiliza arcillas ácido-activadas de la marca comercial Tonsil, adicionadas a razón de 3 bolsas de 25 kg por lote procesado.

2.2. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo descriptivo-explicativo. Descriptivo, en tanto caracterizó el comportamiento de las variables del proceso de blanqueo en condiciones reales de operación industrial; y explicativo, dado que buscó establecer relaciones de causa y efecto entre las variables independientes y la acidez del aceite. El diseño fue no experimental y transversal, ya que no se manipularon las variables del proceso, limitándose el estudio al análisis sistemático de los registros históricos generados durante la operación normal de la planta, sin intervención sobre las condiciones productivas.

2.3. Fuente de datos y periodo de estudio

Se analizaron 248 registros de planta correspondientes al período 2023-2024, obtenidos de la base de datos operacional de la refinería, conformada por documentos procesados tanto en forma de base de datos digital como mediante registros ingresados manualmente. Dado que el total de registros disponibles era accesible y finito, la muestra fue igual a la población, incluyendo el 100% de los registros generados durante el período de estudio. Cada registro consignó de manera simultánea los valores de las variables independientes y el valor de acidez del aceite blanqueado como variable dependiente, permitiendo el análisis multivariable del proceso.

2.4. Variables de estudio

Se definió como variable dependiente la acidez del aceite de soya blanqueado, expresada como porcentaje de ácido oleico (% ácido oleico), determinada analíticamente a partir de muestras tomadas al término de cada ciclo de blanqueo. Las variables independientes fueron tres:

- Temperatura de blanqueo (°C): registrada mediante termómetro industrial integrado al equipo de blanqueo, con un rango operacional de 80 a 115°C.
- Concentración de jabón residual (ppm): expresada como oleato de sodio, determinada por análisis químico de la muestra de aceite previo al blanqueo, con un rango de 90 a 580 ppm.
- Calidad del vacío (inHg): medida mediante vacuómetro instalado en el sistema, con un rango operacional de 18 a 28 inHg. Para el análisis comparativo se establecieron dos niveles: vacío deficiente (18-22 inHg) y vacío óptimo (26-28 inHg).

La cantidad de arcilla adsorbente utilizada se mantuvo constante en todos los registros —3 bolsas de Tonsil de 25 kg cada una— con el fin de aislar el efecto de las tres variables independientes sobre la acidez.

2.5. Técnica de recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante análisis de contenido cuantitativo, registrando sistemáticamente los valores de cada variable en cada ciclo de blanqueo durante el período de estudio. Los valores de acidez fueron determinados por el laboratorio de control de calidad de la planta, siguiendo los métodos analíticos establecidos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) para aceites y grasas vegetales. Los registros de temperatura, concentración de jabón y calidad del vacío fueron tomados directamente de los instrumentos de medición instalados en la línea de producción.

2.6. Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó mediante el software Minitab 17, aplicando la metodología Six Sigma para la identificación y control de variables críticas del proceso. Se emplearon las siguientes técnicas estadísticas: prueba t de una muestra (One Sample T) y de dos muestras (Two Sample T) para la comparación de medias entre grupos; análisis de regresión para evaluar la relación funcional entre las variables independientes y la acidez; coeficiente de correlación de Pearson para cuantificar el grado de asociación lineal entre variables; y coeficiente de correlación de Spearman para el análisis de hipótesis, dado el carácter no paramétrico de algunas distribuciones. El nivel de significancia utilizado fue $\alpha = 0,05$ para todas las pruebas realizadas.

Los datos fueron organizados y agrupados según los niveles de cada variable independiente para facilitar el análisis comparativo: por rangos de concentración de jabón (90-200 ppm, 200-360 ppm, 360-580 ppm), por rangos de temperatura (80-90°C, 90-105°C, 105-115°C) y por nivel de vacío (óptimo vs. deficiente), permitiendo identificar los umbrales críticos de cada variable sobre la acidez del aceite.

3. Resultados y discusión

3.1. Efecto de la concentración de jabón sobre la acidez del aceite

El análisis de los registros de planta evidenció una relación positiva y progresiva entre la concentración de jabón residual expresado como oleato de sodio y la acidez del aceite de soya blanqueado. A condiciones de vacío óptimo (26-28 inHg) y temperatura de 80°C, un incremento de apenas 30 ppm en la concentración de jabón —de 110 a 140 ppm— elevó la acidez de 0,0552% a 0,0860% de ácido oleico (Tabla 1), lo que representa un incremento relativo de 55,8% en la acidez con una variación mínima en la concentración de jabón, evidenciando la alta sensibilidad del proceso ante esta variable.

Este comportamiento se mantuvo consistente a lo largo de todo el rango evaluado. A concentraciones bajas de jabón (90 ppm) y temperatura de 89°C, la acidez registrada fue de 0,0414%, valor que se encuentra dentro del rango óptimo establecido por Hernández (2004), quien indica que el contenido de ácidos grasos libres posterior a la refinación debe ser inferior a 0,10%, siendo la meta ideal 0,05% o menos. Sin embargo, al incrementarse la concentración de jabón a 500 ppm a temperatura de 105°C, la acidez alcanzó 0,1765% (Tabla 2), superando ampliamente dicho umbral y aproximándose al límite crítico de 0,25% reportado en condiciones industriales problemáticas.

Tabla N°1: Efecto de la concentración de jabón sobre la acidez del aceite a 80°C y vacío optimo (26-28 inHg)

Temperatura (°C)	Jabón (ppm)	Acidez (% ac. Oleico)	Vacío (inHg)
80	110	0,0552	26-28
80	140	0,0860	26-28

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°2: Efecto de concentraciones elevadas de jabón sobre la acidez a temperaturas entre 101-115°C y vacío optimo.

Temperatura (°C)	Jabón (ppm)	Acidez (% ac. Oleico)	Vacío (inHg)
105	90	0,0600	26-28
105	200	0,1058	26-28
101	300	0,1100	26-28
106	360	0,1700	26-28
105	500	0,1765	26-28

Fuente: Elaboración propia

Un hallazgo relevante fue la identificación de un comportamiento no lineal en la relación jabón-acidez. Entre 200 y 300 ppm la variación de acidez fue moderada y relativamente estable, mientras que al superar los 360 ppm se produjo un salto significativo en la acidez, de 0,1058% a 0,1700%. Este patrón sugiere la existencia de un umbral crítico aproximado de 360 ppm, a partir del cual los mecanismos de generación de ácidos grasos libres se intensifican notablemente.

Una posible explicación es que, a concentraciones elevadas de jabón, la interacción entre el oleato de sodio y las arcillas ácido-activadas favorece reacciones de hidrólisis de triglicéridos, generando ácidos grasos libres de manera acelerada. Martínez et al. (2015) respaldan este mecanismo al señalar que el jabón residual actúa como catalizador de la hidrólisis de triglicéridos, incrementando progresivamente la concentración de ácidos grasos libres en el aceite. Por su parte, Van Gerpen et al. (2004) indican que una mayor concentración de compuestos polares y subproductos —como los generados por el exceso de jabón— incrementa significativamente la acidez del aceite refinado.

Desde el punto de vista del control del proceso, estos resultados indican que mantener la concentración de jabón por debajo de 130 ppm a temperaturas de 88-89°C permite obtener valores de acidez inferiores a 0,10%, cumpliendo con las metas de calidad establecidas. Esto implica que una etapa de lavado eficiente previa al blanqueo, que garantice la eliminación del jabón residual a niveles mínimos, es fundamental para el control de la acidez en esta etapa.

3.2. Efecto de la temperatura sobre la acidez del aceite

El análisis de registros a temperatura controlada demostró que variaciones de apenas 1°C en la temperatura de blanqueo producen cambios medibles en la acidez del aceite, lo que refleja la alta sensibilidad térmica del proceso. A 88°C con concentraciones de jabón de 110, 120 y 130 ppm, la acidez varió entre 0,0681% y 0,0750%; mientras que a 89°C con concentraciones similares de jabón (90, 100 y 120 ppm), los valores oscilaron entre 0,0574% y 0,0700% (Tabla 3).

Tabla N°3: Efecto de la temperatura sobre la acidez del aceite a vacío optimo (26-28 in Hg).

Temperatura (°C)	Jabón (ppm)	Acidez (% ac. Oleico)	Vacío (inHg)
105	90	0,0600	26-28
105	200	0,1058	26-28
101	300	0,1100	26-28
106	360	0,1700	26-28
105	500	0,1765	26-28

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°4: Efecto combinado de temperatura constante y concentración creciente de jabón sobre la acidez.

Temperatura (°C)	Jabón (ppm)	Acidez (% ac. Oleico)	Vacío (inHg)
90	80	0,0454	26-28
90	100	0,0583	26-28
90	517	0,1000	26-28
90	532	0,1100	26-28
90	800	0,1400	26-28

Fuente: Elaboración propia

La comparación entre ambas temperaturas a concentraciones de jabón equivalentes reveló que el incremento de 89°C a 88°C produjo una variación en la acidez de 0,0700% a 0,0750%, lo que, si bien parece marginal en términos absolutos, representa un incremento relativo de 7,1% atribuible exclusivamente al cambio de temperatura. Esta sensibilidad se amplifica considera-

blemente a concentraciones mayores de jabón, donde la temperatura actúa como factor potenciador de la hidrólisis. A una temperatura constante de 90°C, el incremento en la concentración de jabón de 80 ppm (acidez de 0,0454%) a 517 ppm (acidez de 0,100%) representó un aumento de 120% en la acidez, evidenciando la interacción entre ambas variables (Tabla 4).

Estos resultados son coherentes con lo indicado por Martínez et al. (2015), quienes señalan que el blanqueo con arcillas ácido-activadas debe realizarse en un rango controlado de 90 a 110°C, ya que temperaturas fuera de este intervalo pueden favorecer reacciones indeseadas que incrementan los ácidos grasos libres, especialmente en presencia de jabón o agua residual. Los datos obtenidos sugieren además que, dentro del rango operacional evaluado, la temperatura actúa principalmente como factor modulador del efecto del jabón, amplificando o atenuando su impacto sobre la acidez según el nivel térmico del proceso.

3.3. Efecto de la calidad del vacío sobre la acidez del aceite.

La calidad del vacío resultó ser el factor de mayor impacto sobre la acidez del aceite blanqueado, superando en magnitud al efecto individual de la temperatura y la concentración de jabón. La comparación directa entre condiciones de vacío óptimo (26-28 inHg) y vacío deficiente (18-22 inHg) a condiciones similares de temperatura y jabón reveló diferencias de hasta el doble en los valores de acidez registrados (Tabla 5).

El caso más ilustrativo se observó a 90°C: con 517 ppm de jabón y vacío óptimo la acidez fue de 0,100%, mientras que con una concentración de jabón ligeramente inferior (495 ppm) pero con vacío deficiente, la acidez se duplicó a 0,198%. Este resultado demuestra que la calidad del vacío es capaz de anular el efecto favorable de una menor concentración de jabón, constituyéndose en la variable de control más crítica del proceso.

Tabla N°5: Comparación de la acidez bajo condiciones de vacío optimo y deficiente.

Temperatura (°C)	Jabón (ppm)	Acidez (% ac. Oleico)	Vacío (inHg)
105	500	0,1765	26-28
105	424	0,200	18-22
90	517	0,100	26-28
90	495	0,198	18-22

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°6: Registros de acidez bajo condiciones de vacío deficiente (18-22 inHg).

Temperatura (°C)	Jabón (ppm)	Acidez (% ac. Oleico)	Vacío (inHg)
105	400	0,220	18-22
90	390	0,180	18-22
88	510	0,226	18-22
100	380	0,195	18-22
90	495	0,198	18-22
95	510	0,200	18-22
100	542	0,250	18-22
105	580	0,320	18-22

Fuente: Elaboración propia

En condiciones de vacío deficiente (18-22 inHg), los valores de acidez registrados superaron sistemáticamente el umbral de 0,20% de ácido oleico, con valores extremos de hasta 0,320% a 105°C y 580 ppm de jabón (Tabla 6). Estos niveles exceden ampliamente los límites establecidos por la norma Codex STAN 210-1999 y la NTP CODEX STAN 210:2014, que fijan un máximo de 0,6 mg KOH/g para aceites vegetales refinados. Si bien estos valores aún se encuentran por debajo del límite normativo en términos absolutos, representan un riesgo significativo para la calidad del producto final cuando se considera que la etapa de desodorizado subsiguiente, en plantas con sistemas de vacío limitado, no logrará reducir suficientemente esta acidez residual.

Desde el punto de vista mecanístico, el vacío cumple una función doble en el proceso de blanqueo: por un lado, reduce la presión parcial de vapor de agua, inhibiendo reacciones hidrolíticas que generan ácidos grasos libres; por otro, facilita la desorción de compuestos volátiles ácidos desde la superficie de las arcillas hacia la fase gaseosa, reduciendo su concentración en el aceite. Willems et al. (2008) destacan que un vacío insuficiente dificulta la evaporación de ácidos grasos volátiles, favoreciendo su retención en el aceite y el consecuente incremento de la acidez. Estos hallazgos tienen implicancias prácticas directas para las refinerías medianas y pequeñas que operan con bombas de vacío mecánicas, cuya capacidad de generar vacíos superiores a 26 inHg es limitada, constituyendo este factor tecnológico la principal restricción para el control de la acidez en la etapa de blanqueo.

3.4. Análisis integrador: interacción entre variables

El análisis conjunto de los tres factores evaluados permite identificar un patrón de interacción que determina el comportamiento final de la acidez. En condiciones de vacío óptimo (26-28 inHg), tanto la temperatura como la concentración de jabón actúan como variables moduladoras de la acidez, siendo posible mantener valores inferiores a 0,10% mediante el control estricto de la concentración de jabón por debajo de 130 ppm. Sin embargo, cuando la calidad del vacío se deteriora (18-22 inHg), el sistema pierde su capacidad de autorregulación y la acidez escala a valores que superan el doble de los registrados bajo vacío óptimo, independientemente de los niveles de temperatura y jabón.

Tabla N°7: Resultados del análisis de correlación de Spearman entre variables y acidez del aceite

Variable	ρ de Spearman	p-valor	Significancia
Análisis de factores	0,692	0,000	Significativo (p < 0,01)
Identificación de factores	0,799	0,000	Significativo (p < 0,01)
Temperatura, jabón y vacío	0,478	0,016	Significativo (p < 0,05)
Evaluación de factores	0,184	0,379	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

Este comportamiento confirma la jerarquía de importancia de las variables sobre la acidez: vacío > concentración de jabón > temperatura, siendo el vacío el factor cuya variación produce los efectos más drásticos e inmediatos sobre la calidad del aceite blanqueado. Graciani (2012) ya anticipaba esta interacción al señalar que el incremento de acidez durante el blanqueo está

determinado por la combinación de la acidez de la tierra, la cantidad adicionada, la temperatura y el tiempo de contacto; a lo que los resultados del presente estudio añaden la calidad del vacío como variable crítica de primer orden, especialmente relevante en el contexto de plantas refinadoras con capacidad tecnológica limitada.

3.5. Análisis de correlación entre variables

Los resultados del análisis estadístico mediante la prueba de correlación de Spearman confirmaron la existencia de asociaciones significativas entre las variables estudiadas y la acidez del aceite (Tabla 7). La correlación entre la acidez y el análisis conjunto de los factores fue de $\rho = 0{,}692$ ($p < 0{,}01$), indicando una asociación moderada-alta estadísticamente significativa. Al evaluar específicamente la identificación de factores individuales, la correlación con la acidez fue más elevada ($\rho = 0{,}799$; $p < 0{,}01$), reflejando que el reconocimiento preciso de cada variable de manera independiente explica mejor la variabilidad observada en la acidez que su evaluación conjunta. La correlación entre la acidez y las variables temperatura, contenido de jabón y presión de vacío consideradas en conjunto fue de $\rho = 0{,}478$ ($p = 0{,}016$), resultando igualmente significativa al nivel $\alpha = 0{,}05$.

La hipótesis específica referida a la evaluación global de factores no alcanzó significancia estadística ($\rho = 0{,}184$; $p = 0{,}379$), lo que indica que la evaluación de los factores de manera agregada y no diferenciada no logra capturar suficientemente la variabilidad observada en la acidez. Este resultado sugiere que el enfoque más adecuado para el control del proceso no es el análisis global, sino el monitoreo individualizado de cada variable —especialmente la calidad del vacío y la concentración de jabón— con umbrales de control específicos para cada una.

En conjunto, los resultados obtenidos confirman que la concentración de jabón, la temperatura y, de manera predominante, la calidad del vacío son variables determinantes en el control de la acidez del aceite de soya durante el blanqueo con arcillas ácido-activadas. La gestión precisa e individualizada de estas tres variables, con especial énfasis en el mantenimiento de un vacío óptimo superior a 26 inHg, es fundamental para garantizar que la acidez del aceite blanqueado se mantenga por debajo de 0,10% de ácido oleico, cumpliendo con las metas de calidad establecidas por Hernández (2004) y las normativas técnicas vigentes aplicables a aceites vegetales refinados.

4. Conclusiones

La acidez del aceite de soya durante el blanqueo con arcillas ácido-activadas está determinada por la interacción de tres factores: concentración de jabón residual, temperatura y calidad del vacío, estableciéndose una jerarquía de influencia de vacío > jabón > temperatura. La concentración de jabón mostró un umbral crítico aproximado de 360 ppm, a partir del cual el incremento de acidez se intensifica de manera significativa. La calidad del vacío resultó ser el factor de mayor impacto, duplicando los valores de acidez bajo condiciones deficientes (18-22 inHg) respecto a condiciones óptimas (26-28 inHg). El análisis de correlación confirmó asociaciones significativas entre las variables y la acidez del aceite ($\rho = 0{,}692$ a $0{,}799$; $p < 0{,}01$). El control simultáneo de estas tres variables es fundamental para garantizar aceites blanqueados con acidez inferior a 0,10% de ácido oleico, en cumplimiento de la norma Codex STAN 210-1999 y su equivalente peruana NTP CODEX STAN 210:2014.

5. Literatura citada

Andersen, A. (1965). *Refinación de grasas y aceites comestibles*. Compañía Editorial Continental.

Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. Pearson Educación de México.

Bayley, A. E. (2020). *Aceites y grasas industriales*. Editorial Reverté.

Bernardini, E. (1981). *Tecnología de aceites y grasas*. Editorial Alhambra.

Betancourt Triana, A. F. (2020). *Evaluación de la reactivación de tierras de blanqueo como mejora en el proceso de blanqueo de aceite crudo de palma (ACP)* [Tesis de maestría, Universidad de Bogotá].

Braverman, J. B. S. (1990). *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. Manual Moderno.

Brekke, O. L. (1983). *Manual de procesamiento y utilización de aceite de soya*. Asociación Americana de Soya.

Ccopa Minaya, G., & Jiménez Ocupa, Z. J. (2021). Eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya. *Grasas y Aceites*.

Codex Alimentarius Commission. (1999). *Norma del Codex para aceites vegetales especificados* (Norma CODEX STAN 210-1999). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.http://www.uclm.es/profesorado/mdsalvador/58119/practicas/Codex%20Stan%20210%20Aceites%20vegetales.pdf

García, J., & Suárez, M. (2001). *Procesamiento y refinación de aceites vegetales*. Editorial Acribia.

Gonzales, L. A. (2006). *Efecto del proceso de blanqueo sobre la calidad química del aceite de soya utilizando tierras reactivas* [Tesis de maestría, Universidad de Sonora].

González Tovar, L. A. (2005). Cinética de adsorción de pigmentos, peróxidos y tocoferoles durante el proceso de blanqueo del aceite de soja. *Grasas y Aceites*, *56*(4), 324–327.

Gorveña Salle, R. E. (2015). *Reaprovechamiento de los subproductos provenientes de la refinación del aceite lubricante usado* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín].

Graciani, C. (2012). *Los aceites y grasas: refinación y otros procesos de transformación industrial*. A. Madrid Vicente Ediciones.

Hernández, E. (2004). *Procesamiento industrial del frijol de soya*. Asociación Americana de Soya de México.

Márquez, M. I. (2012). Evaluación del comportamiento de materiales adsorbentes en la etapa de blanqueo del aceite crudo de palma. *Palmas*, *33*(1), 63–73.

Martínez, M., Medina, F., Pons, J., & Rodón, M. (2015). *Procesos de refinación de aceites vegetales: principios y aplicaciones*. Editorial Universitaria.

Mounts, T. L., & Khym, P. (1983). *Manual de procesamiento y utilización de aceite de soya*. Asociación Americana de Soya.

Padilla, C. (2023). *Evaluación de insumo homólogo en la etapa de refinación química del aceite de soya* [Tesis de licenciatura, Fundación Universidad de América].

Rodríguez, E. (2007). *Análisis y reducción de pérdidas de producción en una industria de aceite de soya* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].

Rodríguez, J. (2017). Beneficios nutricionales de la soya y comportamiento del consumidor. *Revista Latinoamericana de Nutrición*.

Salazar López, J. A. (2019). *Evaluación de la reutilización de tierras provenientes de la etapa de blanqueo en la refinación de aceite de palma* [Tesis de licenciatura, Universidad de América].

Subroto, E., Pangawikan, A. D., Yarlina, V. P., & Isnaeni, N. F. (2020). Characteristics, purification, and the recent applications of soybean oil in fat-based food products: A review. *International Journal of Advanced Science and Technology, 29*(7), 3003–3011.

Trujillo, A. (2013). *Uso de una bentonita mexicana para la purificación de aceites de freído: análisis físico-químico del producto terminado* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

Van Gerpen, J., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., & Knothe, G. (2004). *Biodiesel Production Technology*.

Walsh, K. (2019). *Food Processing Principles and Applications*. Wiley.

Willems, P., Cuesta, A., & Lesieur, P. (2008). Technological Aspects of Oil Refining. *Lipid Technology*, *20*(6), 142–145.

CTS CAFE Para ciudadanos…

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

FORMATO DE PRESENTACIÓN DE ARTÍCULO

Para todos aquellos investigadores científicos y al público en general que deseen publicar sus trabajos en esta su ***Revista de Investigación Multidisciplianria CTSCAFE*** y para la correcta revisión por parte de nuestro Comité Científico de los artículos que serán escogidos para la publicación, los archivos de su artículo deveran ser enviados por correo electrónico a los editores: **revistactscafe@ctscafe.pe**. Los trabajos pueden ser presentados en idioma castellano, inglés o francés siguiendo las siguientes indicaciones:

Título del Articulo: Español, Inglés, francés y portugués escrito en altas y bajas, con una longitud no mayor a 150 caracteres, incluidos espacios.

Autor-autores: Nombre y apellido del autor o los autores. Afiliación institucional de los autores, correo electrónico de cada uno de los autores, indicando la dirección postal del autor para correspondencia si es que tuviera.

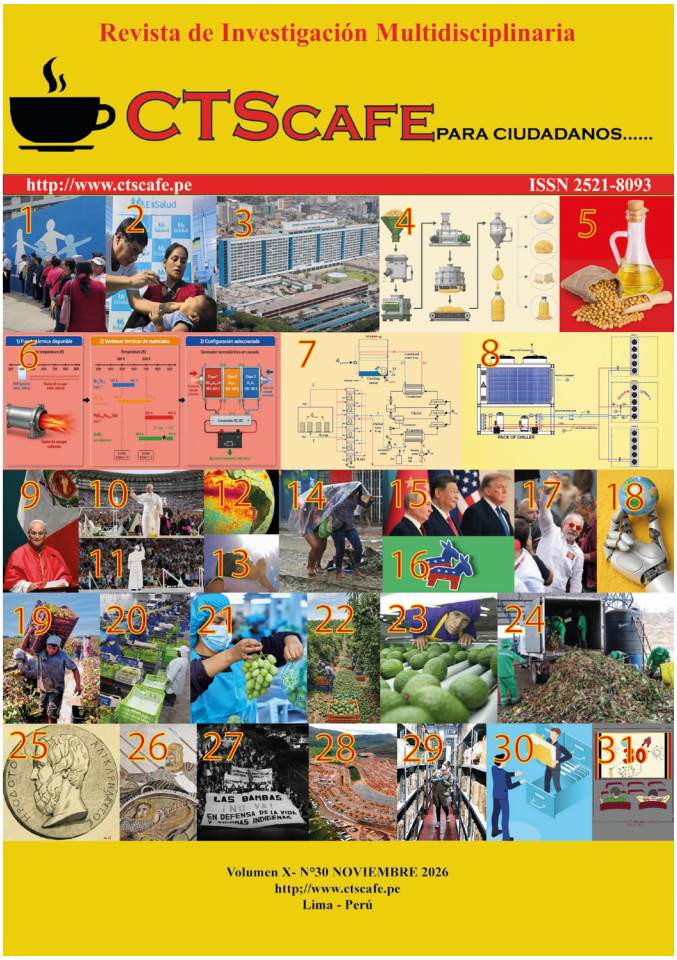
Resumen: no mayor de 250 palabras en Español, Inglés, y Francés

Palabras clave: cinco en español, inglés, y francés

Cuerpo: El cuerpo del artículo debe presentar:

1- **Introducción**
2- **Material y métodos**
3- **Resultados**
4- **Discusión**
5- **Agradecimiento**
6- **Conclusiones**
7- **Literatura Citada** (Incluirá todas las referencias citadas en el texto dispuestas solamente en orden alfabético y sin numeración. La cita se inicia con el apellido del primer autor a continuación, sin coma, las iniciales del nombre separadas con puntos y sin espacio. El segundo y tercer autor deben de tener las iniciales de los nombre y a continuación el apellido. El último autor se diferenciara por que le antecede el símbolo &. Si hubiesen más de tres autores pueden ser indicados con la abreviatura et al. Los nombres de las publicaciones periódicas (revistas) pueden ir en la abreviatura oficial considerada según su código ISSN. El código DOI debe ser colocado al final de la referencia. En la literatura citada solamente se usa letra tipo normal, no itálica, no versalita).

ÍNDICE DE IMÁGENES



De izquierda a derecha

1. https://www.defensoria.gob.pe/lambayeque-defensoria-del-pueblo-permitio-ampliar-atencion-y-reducir-colas-en-hospital-essalud-de-chiclayo/
2. https://www.radionacional.gob.pe/noticias/nacional/essalud-lleva-atencion-medica-a-santa-rosa-y-caballococha-en-loreto
3. tomado de @EsSaludPeru
4. Instagram.com/p/DbEgeVMm-e6/
5. https://delagarzamateriasprimas.com/aceite-de-soya/
6. Saavedra, Baquerizo & Zarate (2026)
7. Angulo, Huarcusi, Lopez, Barrientos & Suarez (2026)
8. Angulo, Huarcusi, Lopez, Barrientos & Suarez (2026)
9. https://www.lafm.com.co/internacional/papa-leon-xiv-peru-lima-gira-del-argentina-uruguay-417351#google_vignette
10. https://www.facebook.com/identidadlatina/posts/papa-leo-en-el-estadio-nacional-como-es-costumbre-la-visita-del-papa-incluy%C3%B3-un-/1998772628095432/
11. https://diariocorreo.pe/peru/papa-leon-xiv-en-peru-como-obtener-entradas-gratis-para-la-vigilia-en-el-estadio-nacional-noticia/
12. https://www.infobae.com/peru/2026/10/08/fenomeno-el-nino-cambia-el-panorama-climatico-en-peru-se-adelantan-las-lluvias-en-todo-el-litoral-y-preven-records-de-temperatura/
13. https://www.infobae.com/peru/2024/02/28/el-sol-no-dara-tregua-temperaturas-altas-continuaran-en-lima-hasta-la-primera-quincena-de-marzo-pese-a-fin-de-ola-de-calor/
14. https://andina.pe/agencia/noticia-el-nino-podria-tener-un-mayor-impacto-a-fines-2026-esto-dicen-las-agencias-del-clima-1070134.aspx#google_vignette
15. https://crnnoticias.com/cumbre-apec-2026-china-acuerdos-comercio-energia/
16. https://www.rfi.fr/es/programas/noticias-de-am%C3%A9rica/20260628-estados-unidos-el-partido-dem%C3%B3crata-en-agitaci%C3%B3n
17. https://www.facebook.com/LaCronicaDeHoy/posts/-luiz-in%C3%A1cio-lula-da-silva-gan%C3%B3-la-segunda-vuelta-de-las-elecciones-presidencial/122254981148288324/
18. Imagen trabajada en base a https://www.elcorreo.com/sociedad/robots-aduenan-20171108215153-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.elcorreo.com%2Fsociedad%2Frobots-aduenan-20171108215153-nt.html
19. https://www.agroperu.pe/midagri-articula-venta-directa-de-161-toneladas-de-uva-de-productores-de-canete-a-la-industria-pisquera/
20. https://andina.pe/agencia/noticia-peru-se-consolida-como-principal-productor-y-exportador-mundial-uvas-1095802.aspx
21. https://andina.pe/agencia/noticia-peru-se-consolida-como-principal-productor-y-exportador-mundial-uvas-1095802.aspx
22. https://www.facebook.com/Asociaciondeexportadores/posts/la-palta-peruana-no-se-detiene-si-bien-se-exporta-todo-el-a%C3%B1o-su-campa%C3%B1a-va-de-m/1380634897435509/
23. https://elcomercio.pe/economia/peru/agricultores-arequipenos-quintuplicaron-su-produccion-anual-de-palta-hass-afirmo-midagri-nndc-noticia/
24. https://andina.pe/agencia/noticia-economia-circular-comunidad-cusquena-produce-abono-natural-a-partir-residuos-organicos-1007744.aspxhttps://polarexpres.es/realizar-transporte-medicamentos/
25. https://www.thecollector.com/ancient-egypt-animals-herodotus-histories/?utm_source=Pinterest&utm_medium=organic
26. https://www.flickr.com/photos/mymuk/6548565499?utm_source=Pinterest&utm_medium=organic
27. https://dialogoshumanos.pe/2022/05/01/conflicto-en-las-bambas-cuando-el-reclamo-por-los-derechos-humanos-y-comunales-es-respondido-con-represion-estatal/
28. https://www.rcrperu.com/se-necesita-un-plan-de-desarrollo-para-que-las-bambas-pueda-beneficiar-a-las-regiones-de-apurimac-y-el-cusco/
29. https://www.elperuano.pe/noticia/157101-archivo-general-de-la-nacion-la-institucion-que-salvaguarda-los-documentos-del-peru
30. https://www.unir.net/revista/humanidades/archivista-archivologo/
31. Ilustración realizada por M. Villavicencio (noviembre 2026)

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

CTSCAFE Para ciudadanos…

http://www.ctscafe.pe

Volumen X- N° 30 Noviembre 2026

Contáctenos en nuestro correo electrónico

revistactscafe@ctscafe.pe

Página Web:

http://ctscafe.pe