UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela profesional de Ingeniera de Industrias Alimentarias

Extracción y evaluación de las características fisicoquímicas de aceite de semillas de girasol *(Helianthus annuus)* y comparación con marcas comerciales

Autores:

Judith Carrillo Huamani

Nancy Cañazaca Tito

Asesora:

MSc. Silvia Pilco Quesada

Lima, Setiembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Silvia Pilco Quesada, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: "**Extracción y evaluación de las características fisicoquímicas de aceite de semillas de girasol *(Helianthus annuus)* y comparación con marcas comerciales** "constituye la memoria que presenta las estudiantes Judith Carrillo Huamani y Nancy Cañazaca Tito para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 15 días del mes de octubre del año 2020.

_____

MSc. Silvia Pilco Quesada

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 25 día(s) del mes de setiembre del año 2020 siendo las 8:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Dr. Julio Florencio Paredes Guzmán, el(la) secretario(a): PhD. Reynaldo Justino Silva Paz y los demás miembros: Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe, Ing. Guido Fulgencio Anglas Hurtado y el(la) asesor(a) Ms Sc. Silvia Pilco Quesada con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Extracción y evaluación de las características fisicoquímicas de aceite de semillas de girasol (*Helianthus annuus*) y comparación con marcas comerciales de los (las) egresados (as): a) Nancy Cañazaca Tito b) Judith Carrillo Huamani conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a las candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por las candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Nancy Cañazaca Tito

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato/a (b): Judith Carrillo Huamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a las candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Extracción y evaluación de las características fisicoquímicas de aceite de semillas de girasol *(Helianthus annuus)* y comparación con marcas comerciales

Carrillo Huamani, Judith*[1]; Cañazaca Tito, Nancy*[2] Pilco Quesada Silvia[3]

[1]judithcarrillo@upeu.edu.pe; [2]nancytito@upeu.edu.pe; [3]silviapilco@upeu.edu.pe

Resumen

Las semillas de girasol son oleaginosas con alto contenido de aceite vegetal se estima que tiene desde un 35 a 50% de aceite, por ello, se logró extraer aceite de girasol por el método convencional mecánica (extracción expeller), realizar las etapas de desgomado acuoso, ácido y blanqueado en el proceso de refinación y comparar los resultados con dos tipos de aceites de girasol comerciales, para poder comparar los resultados con los dos tipos de aceite comercial se empleó el diseño factorial de 2 niveles y 2 factores. En donde la humedad del tratamiento 2 con 0.1% está dentro del rango establecido, del mismo modo la densidad para los 4 tratamientos se encuentra dentro del rango con 0.918-0.923 y el pH con un rango de 3-4 está dentro del rango establecido y es similar a los aceites comerciales. Mientras que el índice de peróxido, índice de acidez y ácidos grasos libres se encuentran fuera del rango y son superiores a los resultados obtenidos para los aceites comerciales.

Palabras claves: Refinado, Extracción, Análisis.

Abstract

Sunflower seeds are oleaginous with a high content of vegetable oil, it is estimated that they have from 35 to 50% oil, therefore, sunflower oil will be obtained by the conventional mechanical method (expeller extraction), performing the aqueous degumming steps, acid and bleaching in the refining process and comparing the results with two types of commercial sunflower oils, in order to be able to compare the results with the two types of commercial oil, the factorial design of 2 levels and 2 factors was used. Where the humidity of treatment 2 with 0.1% is within the established range, in the same way the density for the 4 treatments is within the range with 0.918-0.923 and the pH with a range of 3-4 is within the established range and it is similar to commercial oils. While the peroxide number, acid number and free fatty acids are outside the range and are higher than the results obtained for commercial oils

.

Keywords: Refined, Extraction, Analysis.

1. Introducción

El girasol (*Helianthus annuus*) es una de las oleaginosas más importantes de cultivo a nivel mundial, el 50% de la producción anual en el mundo son en países como: Europa, China, Argentina, México y se expande a Perú y Bolivia, disponiéndose principalmente para la producción de aceite comestible por su fuente importante de ácidos grasos insaturados, (Sánchez-Muniz, Bastida, & Benedı´, 2016). La semilla de girasol contiene entre 35 a 50% de aceite, sin embargo, el contenido de aceite depende de la variedad (pequeño, mediano y grande), condiciones genéticas y ambientales, además, el agua es esencial en cada etapa del crecimiento y desarrollo de la semilla, porque la escasez del agua durante estas etapas puede afectar en el crecimiento y puede influir en la composición del aceite de girasol (Ebrahimian, Seyyedi, Bybordi, & Damalas, 2019). El aceite de girasol está compuesto de 88% a 90% de ácidos grasos insaturados (oleico y linoleico) combinados y aproximadamente 10% de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) (Zheljazkov et al, 2008), de las cuales el 62% es ácido graso poliinsaturado (alto en ω6 y nulo en ω3) y el ácido graso predominante en las semillas de girasol es la omega 6 (linoleico), el 26% es ácido graso monoinsaturado (ω9), además el aceite de girasol contiene vitamina E (500ppm) (Guardia Espinoza, y otros, 2015).

Por otro lado, la semilla de girasol se clasifica en tres grupos según sus perfiles de ácidos grasos tales como: (i) girasol tradicional del 14 a 49% de ácido oleico, (ii) girasol medio con 42 a 72% de ácido oleico y por último (iii) el girasol con alto contenido de ácido oleico de 75 a 91% (Zheljazkov eta al, 2011). No obstante el contenido alto de ácido oleico en las semillas de girasol se debe a las mutaciones de prevents (OMG) gracias a la biotecnología, el cual se llevó a cabo en 1988 en EEUU, luego expandiéndose a los demás países como Argentina, gracias a las empresas que posee EEUU en programas internacionales (Guerrero Pérez, 2016), esta modificación en las semillas de girasol se lleva a cabo porque con alto contenido de ácido oleico (ω9) en el aceite tiene una estabilidad oxidativa alta, no necesita hidrogenación durante la fritura (temperatura de 180°C) y una vida útil prolongada, Sin embargo los aceites de girasol normales son ricos en ácido graso poliinsaturado, por ende es más susceptible a sufrir cambios indeseable al momento de freír, oxidarse durante el almacenamiento, su preservación es a través de hidrogenación formando ácidos trans-grasos, similares a las grasas saturadas, por ende el mercado de Estados Unidos

prefiere usar aceites de girasol con alto contenido de ácido oleico para freír (Vick, Warner, Isaak, Kleingartner, & Doroff, 2003).

Para la extracción de aceite de girasol se puede aplicar tres métodos las cuales son: extracción mecánica (prensado hidráulico y prensado expeller), extracción con solvente y la extracción enzimática (Gallegos-Infante et al, 2003), en la extracción con solvente, los solventes más comunes que se utilizan son: etanol, éter de petróleo y el hexano, etc. Pero de todos ellos el solvente más usado por su efectividad y bajo costo es el hexano, sin embargo, está considerado como uno de los contaminantes ambientales más peligrosos por la Clean Air Amendment de los Estados Unidos de América (Grasso, 2013 y Pons, 2015), ya que al momento de la extracción y recuperación del aceite el hexano se libera al medio ambiente para luego reaccionar con los contaminantes y formar ozono y fotoquímicos, además al encontrarse el hexano en el aire son absorbidos por las personas ocasionando problemas en el sistema nervioso central, por otro lado este método requiere un mayor tiempo de extracción (Kumar, y otros, 2017). En cuanto a la utilización por extracción enzimática el principal problema es el costo elevado de las enzimas y el rendimiento de la obtención del aceite (Ribeiro, y otros, 2016). El artículo de investigación tiene como objetivo extraer aceite de girasol por el método convencional mecánica (extracción expeller), realizar las etapas de desgomado acuoso, ácido y blanqueado en el proceso de refinación y comparar los resultados con dos tipos de aceites de girasol comerciales.

2. Materiales y métodos

2.1. Lugar de ejecución

La extracción de aceite vegetal de semilla de girasol se realizó en el laboratorio de ciencia y tecnología de alimentos (CITAL), los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de Centro de Investigación de Ciencia de Alimentos (CICAL) y Laboratorio de Química de Alimentos perteneciente a la escuela profesional de ingeniería de industrias alimentarias de la universidad peruana unión.

2.2. Materia prima

La extracción de aceite vegetal se utilizó como materia prima semillas de girasol *(Helianthus annuus L.)* Variedad gigante provenientes del mercado de ñaña, Distrito de San Juan de Lurigancho, Provincia Lima, Departamento Lima.

2.3. Metodología experimental

2.3.1. Extracción de aceite de girasol

Para la extracción de aceite de girasol se realizó en prensa expeller de tipo manual, según Torres (2018) con algunas modificaciones, primeramente se hizo la acondicionamiento de las semillas es decir clasificación manual para separar las impurezas, seguidamente se llevó a pesar 1000 g de semilla en una balanza analítica, luego se hizo el acondicionamiento el equipo de expeller a una temperatura alta por 10-20 min para producir la ruptura de las células de la semilla y facilitar la salida del aceite, posteriormente se colocó las semillas en la prensa para extraer aceite crudo y por otro lado la torta.

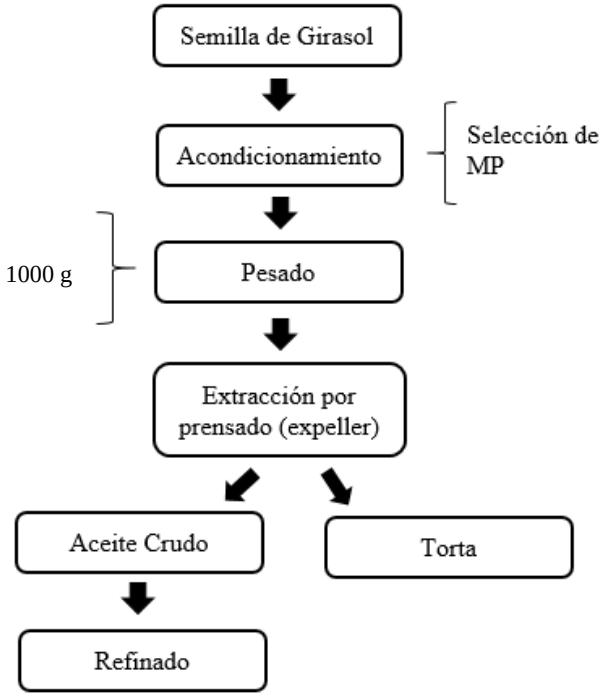


Figura 1. *Diagrama de flujo de extracción de aceite de girasol*

4.2.2. Refinación Física

El proceso de refinación física comprende varias etapas las cuales son: Desgomado (acuoso y ácido), blanqueado, desacidificación y desodorizado, sin embargo, en este trabajo solo se realizó las etapas de desgomado y blanqueado. En la etapa de desgomado se busca barrer los fosfátidos y fosfolípidos, estos componentes son hidratables y no hidratables, de ahí la necesidad de aplicar el desgomado acuoso y ácido ya que en el desgomado acuoso se va a eliminar los fosfátidos hidratables tal es el caso de la lecitina y en el desgomado ácido se eliminan los fosfátidos no hidratables las cuales son: sales de calcio, magnesio, la etapa de blanqueado se realiza con la

finalidad de eliminar los pigmentos del aceite, así como también, compuestos oxidantes, gomas y jabones (Nasirull, 2004; Hernández, et al 2007). Cada etapa de refinación se realizó siguiendo la metodología de Hernández, et al (2007) con algunas modificaciones.

Para el desgomado acuoso se elevó la temperatura del aceite a 60°C a baño maría, una vez alcanzada esta temperatura se adiciono el 3% de agua destilada según el peso del aceite, se mantuvo la temperatura de 60-70°C durante 30 minutos con agitación manual constante, después de 30 minutos se retiró el aceite y se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, finalmente, se centrifugó a 3000 rpm por 30 minutos.

Luego de ello, se realizó el desgomado ácido en donde el aceite ya centrifugada se llevó a calentar nuevamente a 60°C en baño de agua, luego se añadió el 0.3% de ácido cítrico y 3% de agua destilada según el peso del aceite, esta mezcla se mantuvo a temperatura de 60-70°C por 30 minutos con agitación manual constante, posteriormente se dejó enfriar hasta alcanzar a temperatura ambiente, luego se llevó a centrifugar a 3000 rpm por 30 minutos. Finalmente se realizó la etapa de blanqueado, en esta etapa se aplicó un diseño factorial (tabla 1) donde se varió la temperatura y la tierra de blanqueo, el aceite obtenido de la etapa de desgomado se llevó a calentar en baño de agua hasta una temperatura de 70 y 90°C, una vez alcanzadas esta temperatura se añadió tierras de blanqueo de 0.25% y 0.5% según el peso del aceite, se mantuvo esta temperatura por 30 minutos con agitación manual constante, luego de los 30 minutos se retiró el aceite del baño de agua y se enfrió hasta alcanzar la temperatura ambiente, una vez enfriado se llevó a centrifugar a 3000 rpm por 30 minutos, el aceite obtenido se almacenó en envases oscuros para luego evaluar la calidad del aceite mediante los parámetros fisicoquímico.

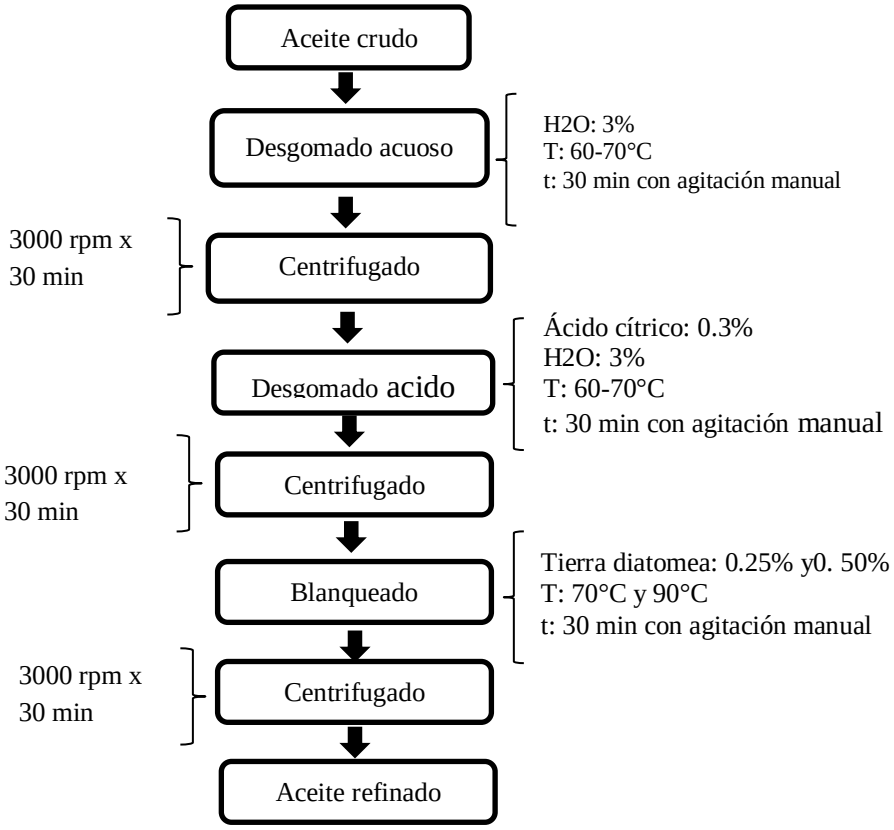


Figura 2. *Diagrama de flujo de aceite refinado de girasol.*

2.4. Diseño estadístico

Para el proceso de blanqueo se empleó un diseño factorial de 2 niveles y 2 factores, en el cual se generaron cuatro tratamientos con sus respectivas repeticiones, teniendo como variables independientes tierra de blanqueo % y temperatura (°C) con sus respectivos niveles, utilizando el software STATISTICA 7. Las unidades de los niveles y las variables codificadas y no codificadas de los variables independientes se muestran en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Factores y niveles para el proceso de blanqueado

Factores	**Nivel 1 (-1)**	**Nivel 2 (+1)**
Tierra de blanqueo %	0.25	0.5
Temperatura (°C)	70	90

Tabla 2. Tratamientos obtenidos a partir del diseño factorial 2^2

Tratamientos	Variables independientes			
	Codificados		No codificados	
	X_1	X_2	% Tierra de diatomea	Temperatura (°C)
1	(-1)1	(-1)1	0,25%	70
2	(-1)1	(+1)2	0,25%	90
3	(+1)2	(-1)1	0,5%	70
4	(+1)2	(+1)2	0,5%	90

2.5. Análisis fisicoquímico

Los estándares de calidad del aceite se determinaron mediante las siguientes metodologías:

2.5.1. Determinación de la humedad

Se utilizó la metodología de norma oficial AOAC (1990) en donde las muestras del aceite se llevaron a la estufa por 1 hora a 105°C y luego se realizó el cálculo

$$\%\ humedad = \frac{(Perdida\ de\ peso)x\ 100}{Peso\ muestra} \qquad \text{Ec.(1)}$$

2.5.2. Determinación de pH

Para la determinación de pH en el aceite de girasol se utilizó el potenciómetro calibrado (modelo OHA) por triplicado.

2.5.3. Determinación de la densidad relativa

Para la determinación de la densidad relativa del aceite se utilizó la metodología de la AOAC (1977), primero se preparó el instrumento del picnómetro luego se llevó el picnómetro cuidadosamente a lavar con abundante agua corriente y luego con agua destilada, seguidamente se llevó a secar en la estufa a 45°C para luego colocarlo en el desecador, después de secarlo se llevó a pesar el picnómetro limpio y seco (M1) en una balanza analítica, posteriormente se llenó el picnómetro con agua destilada recientemente hervida y enfriada 2 -3 °C por debajo de la temperatura a la cual se va a determinar la gravedad específica, luego se tapó el picnómetro en donde parte del agua salió por el capilar de la tapa, el cual asegura el llenado, el agua que rebalsa a través de la tapa se limpió rápidamente con el papel filtro, para evitar que el papel absorba parte del agua del interior del picnómetro, luego de eso se llevó a baño maría de 20 - 25°C por 30 min, después que el picnómetro y su contenido han alcanzado la temperatura de baño se retiró el picnómetro del baño maría y se

secó con el papel toalla, después de secarlo el exterior del picnómetro ha sido secado y por último se llevó a pesar el picnómetro conteniendo el agua (M2). De la misma manera se realizó con las muestras de aceites, así como anotar el peso del picnómetro con el contenido de diversos aceites de origen vegetal que sería la (M3), finalmente se llegó a calcular los datos.

$$Densidad\ relativa = \frac{(M3-M1)}{(M2-M1)} \qquad \text{Ec.(2)}$$

Donde:

M3: Masa del picnómetro con aceite a 20°C, en g.

M1: Masa del picnómetro limpio y seco, en g.

M2: Masa del picnómetro con agua destilada a 20°C, en g.

2.5.4. Determinación de los ácidos grasos libres

Para la determinación de ácidos grasos libres primero se acondicionó 50 ml de alcohol a 95° en un matraz de 150 ml, luego se añadió 5 gotas de indicador fenolftaleína y se neutralizó con álcali (NaOH) hasta que vire a un color rosado. por otro lado, se procedió al pesado de la muestra (aceite) en una balanza analítica, este se añadió al matraz y agitó aproximadamente 30 segundos, finalmente se tituló con NaOH al 0.1 N y anotó el gasto. El cálculo se realizó con la siguiente fórmula en donde 28.2 es el peso equivalente del ácido predominante.

$$\%Acidez\ libre = \frac{ml\ de\ alcali\ x\ N\ x\ 28.2}{masa\ de\ la\ muestra} \qquad \text{Ec.(3)}$$

2.5.4. Determinación de Color

Para la determinación de Color se utilizó el colorímetro digital (modelo NH310), por el método CIELAB con 3 repeticiones en 3 puntos diferentes por muestra, para ello primero se calibró el instrumento con una placa blanca para medir las muestras de aceite, seguidamente se realizó la medición, colocando la cabeza del colorímetro en la superficie exterior de la celda que contiene el aceite luego se realizó la lectura de las coordenadas CIElab (a*, b* y L* del sistema Hunter), finalmente para determinar el índice de color (IC*).

$$Indice\ de\ color = \frac{(a*x\ 1000)}{(L*x\ b*)} \qquad \text{Ec. (4)}$$

2.5.5. Determinación de índice de peróxidos

Para determinar el índice de peróxido primero se pesó 5 g de muestra (aceite) en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, seguidamente se adiciono 30 ml de disolución de ácido acético-cloroformo se agitó hasta que se disuelva la solución, luego se agregó 0.5 ml de disolución saturada de yoduro de potasio se agitó por un aproximado de un minuto y se añadió 30 ml de agua destilada, seguidamente se tituló con tiosulfato de sodio a 0.1 N hasta que la muestra cambie a un color amarillo, en esta etapa se adicionan 0.5 ml de almidón indicador y se continuó titulando hasta liberar el yodo (color negro azulado), una vez liberado el yodo se anotó el gasto y finalmente se calculó con la Ecuación.

$$Indice\ de\ peroxido = \frac{S\ x\ N\ x\ 1000}{W} \qquad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

S = Es la diferencia del consumo (muestra-blanco) de tiosulfato de sodio usando en la titulación del ml

N = Es la normalidad del tiosulfato de sodio

W = Masa de la muestra en g

3. Resultados y discusiones

3.1. Rendimiento de aceite de girasol

En la tabla 3 se observa el rendimiento de aceite en el proceso de extracción y cada etapa de refinación del aceite, en la extracción se logró extraer 44% de aceite crudo, en la etapa de desgomado acuoso se obtuvo 41%, en la etapa de desgomado ácido 39%, y en la etapa de blanqueado 36%.

Tabla 3. Rendimiento del aceite de girasol en las etapas y procesos de refinación

Etapa	Rendimiento (1000g)	% Rendimiento
Extracción	438.63	44%
Desgomado acuoso	406.33	41%
Desgomado ácido	387.35	39%
Blanqueado	359.72	36%

Según Hernández et al (2007) y Prado. (2005) las mermas en el desgomado acuoso se debe a la presencia de los fosfolípidos hidratables, el aceite neutro que estos arrastran y las impurezas, mientras que, las pérdidas en el desgomado ácido se deben a la presencia de fosfolípidos no hidratables. El rendimiento total de este proceso fue de 39% lo cual está por debajo a lo reportado por Hernández et al (2007) ya que reportó

un rendimiento de 49%, esto significa que el aceite de girasol tiene mayor contenido de fosfolípidos a comparación con el aceite de corozo, además cabe recalcar que el tipo de materia prima influye en el rendimiento del aceite. Las pérdidas ocurridas durante el proceso de blanqueado fueron debido a la retención de aceite por parte de la tierra blanqueadora (diatomea). En este proceso se obtuvo un 36%, lo cual fue superior a los reportados por Hernández et al (2007) quienes emplearon como agente blanqueador a la tierra Tonsil obteniendo rendimientos menores, en consecuencia, esta acción indica que la retención del aceite por parte de la tierra de diatomea es menor que el agente de blanqueo tonsil, por otro lado, Nasirullah y Ramanatham (2000) mencionan que el carbón activado es el mejor agente blanqueador, pero tienen bajo rendimiento, puesto que producen mayores mermas, por ello, es necesario conocer el agente blanqueador a emplear, en este caso la tierra diatomea es afín al aceite de girasol puesto que no produjo mayores mermas.

3.2. Determinación de color de aceite de girasol

En la tabla 4 se observa los valores de L*(luminosidad, (L*=0 rendimientos negro y L*=100 indica blanca), a* (coordenada roja/verde) y b* (coordenada amarilla/azul) de los 4 tratamientos y en comparación con las marcas comerciales 1 y 2, son superiores a los valores de los aceites comerciales

Tabla 4. Color de aceite de girasol después de la etapa de blanqueado.

Tratamientos	**L***	**a***	**b***	**Índice de color**
T1	14.66 ± 1.060	20.28 ± 1.286	79.37 ± 0.749	52.42
T2	13.16 ± 1.902	17.53 ± 1.902	88.98 ± 1.074	45.82
T3	14.85 ± 0.523	18.88 ± 0.049	78.07 ± 0.056	50.035
T4	17.47 ± 1.598	13.01 ± 0.311	58.86 ± 0.318	43.185
Marca comercial 1	19.82 ± 0.021	7.97 ± 0.127	36.17 ± 0.268	38.905
Marca comercial 2	19.83 ± 1.576	7.25 ± 0.113	36.77 ±0.530	37.1

a. Desviación estándar, media basada en determinación de duplicata.

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) de las variables independientes tierra de diatomea y temperatura para el color de aceite de girasol después del blanqueado

Factor	**df**	**Luminosidad**		**a***		**b***		**Índice de color**	
		SS	p	SS	p	SS	p	SS	p
Tierra diatomea	1	10.10251	0.082001	17.5232	0.010851	6.46201	0.019654	493.463	0.048846
Temperatura	1	0.63281	0.594102	37.1522	0.002813	17.73101	0.003361	46.045	0.440693
Interacción	1	8.46661	0.10191	4.89845	0.076205	0.76261	0.265286	415.509	0.0620664
Error	4	7.57065		3.4667		1.82145		251.891	
Total, SS	7	26.77259		63.04055		26.77709		1206.908	
R^2		0.7172		0.945		0.9319		0.7912	
R - Ajustado		0.5051		0.9037		0.8809		0.6347	

Donde: df: grados de libertad, SS: suma de cuadrados, los términos en rojo son significativos bajo un $p \leq 0,05$.

Según O'brien, RD (2008), la mayoría de los aceites son de color rojo amarillento o ámbar, es decir, para el aceite extraído de semillas de girasol, normalmente se reportan valores altos en la coordenada b* que reflejan los tonos amarillentos. El color, tiene como influencia la presencia de pigmentos carotenoides y clorofila, dependiendo del tipo de materia prima utilizada para la extracción. Algunos aceites crudos pueden tener una pigmentación inesperadamente alta causada por daños en el campo, almacenamiento incorrecto o manejo defectuoso durante la trituración, extracción o procesamiento. Lamas, Crapiste, & Cónstenla, (2014) y Lamas, (2014) reportaron datos para luminosidad 82.03, a* -2.02 y b* 41.73, y L* 81.06, a* -2.04, b* 43.30 en la etapa de desgomado, en la investigación el tratamiento 4 reporto, L* 17.47, a* 13.01 y b*58.86 estos datos son alejados a lo reportado por los autores, sin embargo, los resultados de la investigación son de la etapa de blanqueado mientras que de los autores en la etapa de desgomado, sabemos que en la etapa de desgomado se barre los fosfátidos y fosfolípidos mientras que la etapa de blanqueado se barre los pigmentos de color, esto explica la extensa diferencia de los datos obtenidos con los de los autores. Por otro lado, el tratamiento 4 es el que más se acerca a los aceites comerciales por lo que los resultados son significativos,

En cuanto a variación de color el tratamiento 4 es el que se acerca a los aceites comerciales, esto debido a que dependen de la luminosidad, puesto que es el más cercano a los aceites comerciales, además se encuentran dentro del marco de cromaticidad, por lo tanto, nuestros aceites son aceptables en el color.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de ANOVA para el color del aceite de girasol después del blanqueado a una confiabilidad de 95% ($p \leq 0,05$), en donde la luminosidad (L*) no fue significativo por ninguno de los factores ni la interacción, el $R^2 = 0,7172$ y R ajustado = 0,5051, mientras que la coordenada a* fue influenciada por la Temperatura p = 0.001085 y Tierra diatomea p = 0.00281, la interacción no fue significativo, y el coeficiente de regresión se ajustó satisfactoriamente con $R^2 = 0,945$ y R ajustado = 0.9037, asimismo, la coordenada b* fue influenciada por los factores independientes con un p =0.019654 para la Temperatura y p = 0,003361 Tierra diatomea, y los coeficientes de regresión se ajustaron satisfactoriamente $R^2 = 0,9319$ y R ajustado = 0,8809. Para el índice de color solo el factor independiente Tierra diatomea influencio con un p= 0,04488, el coeficiente de regresión fue: $R^2 = 0,7912$ y R ajustado 0, 6347, se observa que el coeficiente de regresión es mayor a 0,5 para los

factores estudiados, por lo que, el modelo se ajusta satisfactoriamente puesto que cercanos a 1 es mejor el ajuste.

En la figura 3, a) luminosidad L* se observa que en un modelo lineal (Ecuación 6) los factores temperatura y tierra de diatomea influenciaron positivamente en el valor L*, lo que indica que a mayor temperatura y mayor tierra de diatomea se obtendrá mejores resultados para luminosidad, la cual corroboramos con la tabla 4 en la que efectivamente el tratamiento 4 (0.5 tierra de diatomea y 90°C de temperatura) fue el que más se acercó a las marcas comerciales de aceite de girasol.

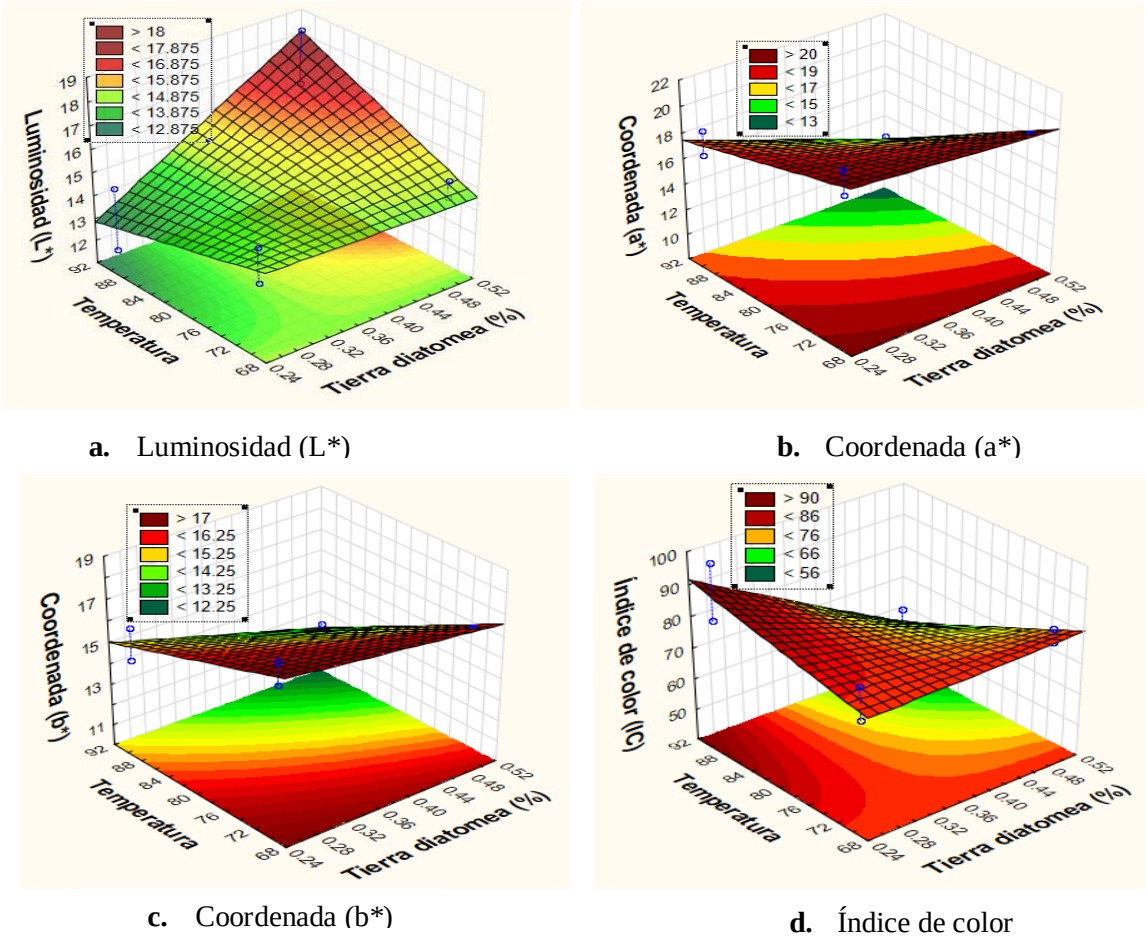
$$L* = 43.105 - 56.849\ x\ T - 0.2805\ x\ TD + \ 0.8229\ x\ T\ x\ TD + 0$$

Ec. 6

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea



a. Luminosidad (L*) **b.** Coordenada (a*)

c. Coordenada (b*) **d.** Índice de color

Figura 3. Gráfico de contorno del diseño factorial 2^2 para: a) Luminosidad (L*), b) Coordenada a*, c) Coordenada b* y c) Índice de color (IC) del aceite de girasol después del blanqueado.

En la Coordenada a* se observa que el modelo lineal (ecuación 7) influye negativamente sobre la coordenada a*, lo que indica que cuanto menor sea la temperatura y tierra diatomea, menor será el valor de a* del aceite de girasol, las variables independientes en modo lineal son estadísticamente significados e influyentes a valores menores pues para obtener valores significativos de a* se debe trabajar a una temperatura de 60°C y concentraciones de 0,20 -0.25 de tierra diatomea que es el área donde se concentra el color rojo según indica la superficie de respuesta.

$$a* = 20.3275 + 38.239\,x\,T + 0.01924\,x\,TD - 0.6259\,x\,T\,x\,TD + 0 \qquad \text{Ec.(7)}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

En la coordenada b* se observa que el modelo lineal (Ecuación 8) influenció negativamente en la coordenada b*, lo que indica que cuanto menor sea la temperatura y tierra diatomea, menor será el valor de b* del aceite de girasol, en este caso se usó una temperatura de 70°C y 0.25% que son los valores menores del diseño factorial. Las variables independientes en modo lineal son estadísticamente significativos e influyentes, puesto que, para obtener un mejor valor de la coordenada b* existen intervalos tanto para la temperatura y concentración de tierra diatomea el cual sería (60°C y 0,25%) que es el área en donde se concentra el color rojo de la superficie.

$$b* = 22.5975 + 12.57\,x\,T - 0.05625\,x\,TD - 0.247\,x\,T\,x\,TD + 0 \qquad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

En cuanto al índice de color se observa que el modelo lineal (ecuación 9) la temperatura influencio positivamente de igual forma la tierra diatomea, por lo que, para obtener resultados significativos de índice de color es recomendable trabajar a una temperatura de 90°C y tierra diatomea a 0,25 – 0.50 que es el área sombreada de color rojo

$$IC = -53.8850 + 398.40738\,x\,T + 1.92214\,x\,TD - 5.765476\,x\,T\,x\,TD + 0 \quad \text{Ec.9}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

3.3. Determinación de características fisicoquímicas de aceite de girasol

3.3.1. Humedad

De los 4 tratamientos, el tratamiento 2 fue el que tuvo menor porcentaje de humedad con 0.1158 este resultado es mayor a los aceites comerciales que fue 0.03% y 0.05% respectivamente. AFOA, (2014) y NIOP, (2014). Asociación Americana de Aceites y Grasas y el Instituto Nacional de Productos y Semillas Oleaginosas de Estados Unidos, especifican que la humedad de todos los aceites en el refinado se aproxima a 0.1% lo que indica que la humedad del aceite está dentro del rango establecido, sin embargo, dado que la humedad es alta en comparación con aceites comerciales este podría disminuir en las siguientes etapas de refinación.

La tabla 7 presenta los resultados de análisis de varianza (ANOVA) para la variable respuesta de humedad a una confiabilidad de 95% ($p \leq 0,05$). En donde el % de humedad del aceite de girasol no fue influenciada por los factores de tierra diatomea y temperatura ni la interacción de los dos factores, sin embargo, el coeficiente de regresión es la siguiente: $R^2 = 0.731$ y R ajustado = 05292 lo cual su ajuste es razonable puesto que valores cercanos a 1 se ajustan satisfactoriamente.

En la figura 4 de superficie de respuesta se observa que el modelo lineal (Ecuación 10) no influencio en la humedad sin embargo según superficie de respuesta es recomendable trabajar a Temperatura alta y concentración de tierra diatomea alta.

$$\%\, H = 1.508032 - 3.7609\, x\, T - 0.01936\, x\, TD + 0.05736\, x\, T\, x\, TD + 0 \qquad \text{Ec.10}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

3.3.2. Densidad relativa

Según el CODEX STAN 210, (1999) el rango de densidad que debe tener el aceite de girasol es de 0.918-0.923, por ende, los 4 tratamientos se encuentran dentro del rango establecido ya que se reportaron de 0.9184-0.9199 como se muestra en la tabla 6, asimismo, estos datos son muy semejantes a los aceites comerciales que reportan una densidad de 0.9184-0.9204 por lo que el aceite de girasol tiene densidad aceptable.

En la Tabla 7 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable respuesta de densidad relativa, a una confiabilidad de 95% ($p \leq 0,05$). En cuanto a la

evaluación del ANOVA, la densidad del aceite de girasol no fue influenciada por los factores de tierra diatomea, temperatura y tampoco la interacción de los dos y el coeficiente de regresión R^2= 05535 y R ajustado 0,2186 lo cual no se ajusta a la regresión pues está alejado de 1.

En la figura 4, de superficie de respuesta el modelo lineal (ecuación 11) la concentración alta de tierra diatomea influencio positivamente sobre la densidad del aceite de girasol, mientras que la temperatura no influencio por lo que según superficie de respuesta es recomendable trabajar con una concentración de 0.5% de tierra diatomea que es el área sombreada de color rojo.

$$DR = 0.908252 + 0.03672\ x\ T + 0.000122\ x\ TD - 0.000435\ x\ T\ x\ TD + 0 \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

3.3.3. Índice de peróxido

Como se observa en la tabla 6, el índice de peróxido de aceite de girasol fue entre 41.437 ± 2.088 y 50.69 ±4.074 meq/kg para los 4 tratamientos, mayores a los aceites comerciales que fue de 0.991 ± 0.006 y 5.939 ± 0.543 meq/kg e indicando una oxidación muy elevado en el aceite, porque según las normas del CODEX ALIMENTARIUS CXS 210, (1999) para los aceites refinados consideran valores máximos de índice de peróxido de 10 miliequivalente de oxígeno activo/kg de aceite. (Daniela ,Guillermo , & Diana , 2014) indican que los valores altos de índice de peróxido de los aceites desgomados pueden deberse a la oxidación causada por la humedad lograda con el proceso de desgomado, por otro lado Choe & David, (2006) mencionan que puede deberse a diferentes factores tales como el grado de insaturación de los ácidos grasos presentes en el aceite, condiciones de almacenamiento, la exposición a la luz y el contenido de metales u otros compuestos que pueden catalizar los procesos de oxidación, asimismo Stefanoudaki, Williams, & Harwood, (2010) indican que los valores altos de peróxido en la mayoría de los aceites se debe a la exposición a temperaturas cambiantes antes del refinado, de igual modo Ghasemnezhada & Honermeier, (2009) mencionan que las semillas de girasol almacenadas por un mayor tiempo y a temperaturas altas afecta en la vida útil y la calidad de los aceites.

La Tabla 7 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) del segundo orden para la variable respuesta de índice de peróxido, a una confiabilidad de 95% ($p \leq 0,05$). Respecto a la evaluación de ANOVA, el índice de peróxido del aceite de girasol no fue influenciada por los factores de tierra diatomea y temperatura, pero si por la interacción de los dos factores con un p =0.01767, el coeficiente de regresión para esta variable respuesta es R^2= 0.7984 y R ajustado= 0.6472 lo cual se ajusta parcialmente a la regresión pues está cerca de 1.

La figura 4 de superficie de respuesta según el modelo lineal (ecuación 12) muestra que las variables independientes Temperatura y tierra diatomea influyeron positivamente sobre la variable respuesta índice de peróxido a 90°C y 0.5% que es donde se encuentra el área sombreada de color rojo.

$$IP = -52.3333 + 245.5417\ x\ T + 1.226263\ x\ TD - 3.054477\ x\ T\ x\ TD + 0 \quad \text{Ec 12}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

3.3.4. Índice de Acidez

En la tabla 6 se aprecia los datos de índice de acidez en donde se obtuvo de 3.366 - 3.932 en los 4 tratamientos, diferentes a los datos de los aceites comerciales que fueron de 0.374-0.561, asimismo CODEX STAN 19, (1981) indica que el índice de un aceite refinado es de 0.6mg de KOH/g, no obstante Lamas, Crapiste, y Constenla, (2014) obtuvieron un índice de acidez de 3,95 0,07 mg de KOH / g de debido al aumento de ácidos grasos liberados durante la hidrólisis de los fosfolípidos, esto indica que el índice de acidez en los cuatro tratamientos no se encuentran entre los rangos establecidos debido a que no se llegó a eliminar los ácidos grasos libres en el desgomado y blanqueado y luego no se procedió a la neutralización y desodorización en donde se eliminan los ácidos grasos libres (Fernández Long, 2015).

La tabla 7 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) del segundo orden para la variable de respuesta índice de acidez, a una confiabilidad de 95% ($p \leq 0,05$). Respecto a la evaluación de ANOVA, el índice de acidez del aceite de girasol fue influenciada por los factores de tierra diatomea y temperatura con p = 0.002111 y p = 0.0474, y su coeficiente de regresión es R^2=0.9375 y R ajustado =0.8906 lo cual se ajusta satisfactoriamente pues es cercano a 1.

La figura 4 de superficie de respuesta, según modelo lineal (ecuación 13) muestra que la temperatura influyo positivamente sobre la variable respuesta índice de acidez

mientras que la tierra diatomea influyo negativamente lo que indica que a mayor temperatura y menor concentración de tierra

diatomea mejor será el resultado de índice de acidez, se observa que el área sombreada de color rojo se encuentra a la temperatura de 90°C.

$$IA = 2.477775 + 1.12199\,x\,T + 0.0233\,x\,TD - 0.037399\,x\,T\,x\,TD + 0 \qquad \text{Ec. 13}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

Tabla 6. Análisis fisicoquímico de los tratamientos de aceite de girasol y las marcas comerciales de aceite de girasol.

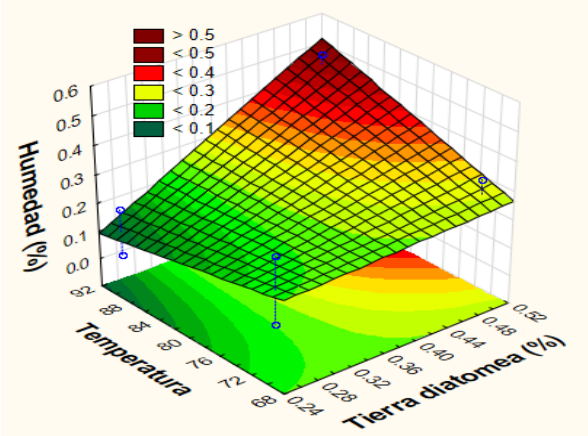
Tratamientos	Humedad (%)	Densidad Relativa	Índice de peróxido (meq/kg)	Índice de Acidez (mg de KOH / g)	A.G.L (%)	pH
T1	0.2163 ± 0.1655	0.9184 ± 0.0005	41.437 ± 2.088	3.742 ±0.000	1.88 ± 0.000	4.93 ± 0.014
T2	0.1158 ± 0.1167	0.9186 ± 0.0015	50.69 ±4.074	3.932 ±0.132	2.02 ± 0.066	4.80 ± 0.021
T3	0.280 ± 0.069	0.9199 ± 0.0008	49.369 ± 3.136	3.366 ±0.000	1.69 ± 0.000	3.92 ± 0.042
T4	0.466 ± 0.047	0.9184 ± 0.0002	43.349 ± 0.060	3.366 ± 0.132	1.73 ± 0.066	3.97 ± 0.000
Marca comercial 1	0.033 ± 0.00005	0.9204 ± 0.0005	0.991 ± 0.006	0.374 ± 0.000	0.18 ± 0.000	4.66 ± 0.014
Marca comercial 2	0.05 ± 0.0235	0.9198 ± 0.0005	5.939 ± 0.543	0.561 ± 0.000	0.28 ± 0.000	4.25 ± 0.000

a. Desviación estándar, media basada en determinación de duplicata.

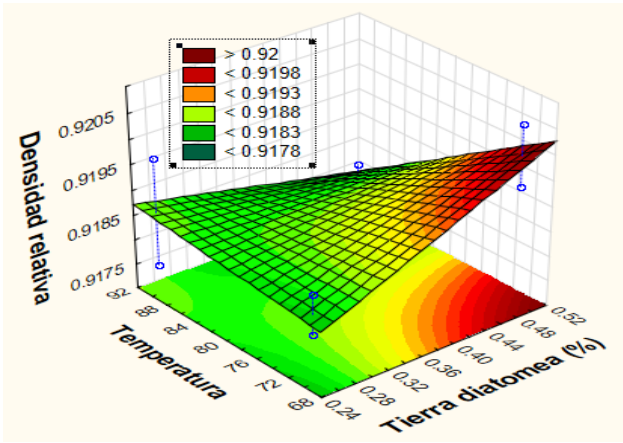
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) de las variables independientes para la Humedad, Densidad relativa, Índice de peróxido, Índice de acidez, Ácidos grasos libres y pH del aceite de girasol.

Factor	df	% Humedad		Densidad relativa		Índice de peróxido		Índice de acidez		Ácidos grasos Libres		pH	
		SS	p	SS	p	SS	p	SS	p	SS	p	SS	p
Tierra diatomea	1	0.08581	0.055663	0.000000	0.508494	0.1751	0.88745	0.437113	0.002111	0.11045	0.002111	1.702013	0.000001
Temperatura	1	0.003696	0.608674	0.000001	0.275078	5.2274	0.456329	0.069938	0.047421	0.017672	0.047421	0.002812	0.09877
Interacción	1	0.041139	0.137922	0.000002	0.167415	116.6229	0.017673	0.017485	0.2302	0.004418	0.2302	0.015312	0.00749
Error	4	0.048058		0.000003		30.8098		0.034969		0.008836		0.00245	
Total, SS	7	0.178703		0.000007		152.8352		0.559504		0.141376		1.722588	
R^2		0.731		0.5535		0.7984		0.9375		0.9375		0.9985	
R-ajustado		0.5293		0.2186		0.6472		0.8906		0.8906		0.9975	

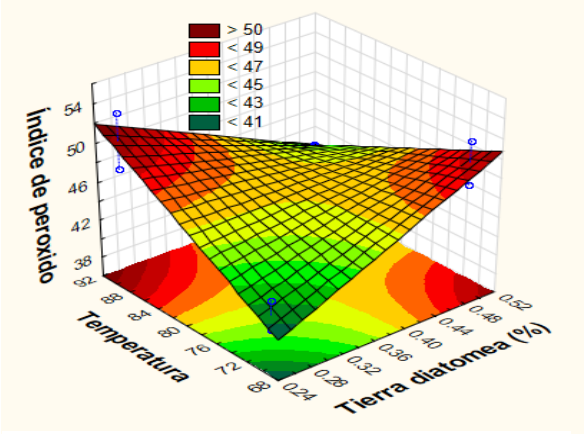
Donde: df: grados de libertad, SS: suma de cuadrados, los términos en rojo son significativos bajo un $p \leq 0,05$



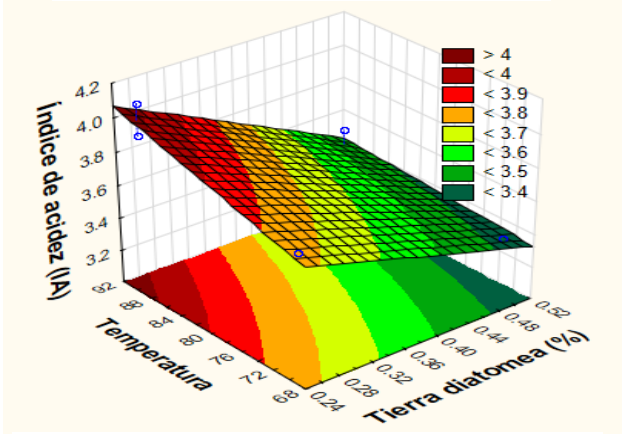
a. Humedad (%)



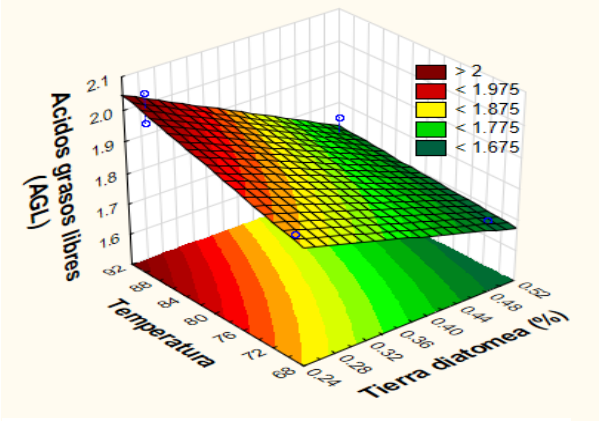
b. Densidad relativa



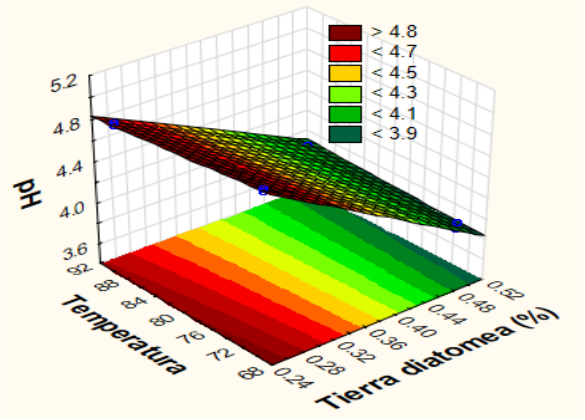
c. Índice de peróxido (meq/kg)



d. Índice de acidez (mg de KOH / g)



e. Ácidos grasos libres (%)



f. pH

Figura 4. Gráfico de contorno del diseño factorial 2^2 para: a) Humedad, b) Densidad relativa, c) Índice de peróxido, d) Índice de acidez, e) Ácidos grasos libres y f) pH del aceite de girasol después del blanqueado.

3.3.5. Ácidos grasos libres

Los resultados se muestran en la tabla 6, Los ácidos grasos libres de los cuatro tratamientos fue entre los rangos de 1.69-2.02, superiores a los datos de los aceites comerciales que fueron de 0.18-0.28, Tasan, Gecgel , y Demirci, (2011) reportaron datos de 1.05 de ácidos grasos libres presentes en el aceite prensado y 0.86 con solvente, las cuales se encuentran por debajo de los de resultados obtenidos, sin embargo, Lamas, (2014) menciona que niveles altos de humedad en los aceites puede facilitar el deterioro hidrolítico lo que ocasiona la liberación de ácidos grasos libres AGL que son los sustratos de la reacción de oxidación, por lo que la humedad tiene estrecha relación con la cantidad de ácidos grasos libres, ya que mientras alto el contenido de humedad mayor será el índice grasos libre en el aceite.

La tabla 7 muestra los resultados del a nálisis de varianza (ANOVA) del segundo orden para la variable respuesta de ácidos grasos libres a una confiabilidad de 95% ($p \leq 0{,}05$). Los ácidos grasos libres del aceite de girasol fueron influenciados por los factores de tierra diatomea y temperatura con p = 0.00211 y p=0.0474, y el coeficiente de regresión R^2=0.9375 y R ajustado=0.8906 lo cual se ajusta satisfactoriamente a la regresión pues es cercano a 1.

La figura 4 de superficie de respuesta, según el modelo lineal (ecuación 14) muestra que la temperatura influencio positivamente sobre la variable respuesta ácidos grasos libres, se observa que el área sombreada se encuentra al nivel de 90°C.

$$AGL = 1.2455 + 0.56399\ x\ T + 0.01175\ x\ TD - 0.0188\ x\ T\ x\ TD + 0 \qquad \text{EC.14}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

3.3.6. Determinación de pH

En cuanto a los valores de pH obtenidos (Tabla 6), podemos ver que los tratamientos evaluados oscilan entre los 3,92 al 4,93 y las marcas comerciales tienen valores de 4,66 y 4,25. Según lo mencionado por Pons (2015), si bien el pH muestra el nivel de alcalinidad del aceite obtenido, debemos tener en cuenta que está muy relacionado con el tipo de aceite vegetal a extraer y la literatura reporta como adecuados valores entre 4 y 6 por lo tanto, los resultados obtenidos de los 4 tratamientos están dentro del rango establecido.

La tabla 7 muestra los resultados de análisis de varianza (ANOVA) del segundo orden para la variable respuesta pH, a una confiabilidad de 95% ($p \leq 0,05$). El pH del aceite de girasol, fue influenciada por el factor tierra diatomea y la interacción de los dos factores con p = 0.000001 y p= 0.00749, y el coeficiente de regresión es R^2= 0.9985 y R ajustado 0.9975 lo cual se ajusta satisfactoriamente a la regresión pues es cercano a 1.

En la figura 4 de superficie de respuesta según el modelo lineal (ecuación 15) se muestra que la temperatura influyo positivamente sobre el pH de aceite de girasol mientras que la tierra diatomea influyo negativamente, se observa que los valores son significativos a 90°C y 0,25% que es el área sombreada de color rojo.

$$pH = 6.99 - 6.4899\ x\ T - 0.015\ x\ TD + 0.03499\ x\ T\ x\ TD + 0 \qquad \text{Ec. 15}$$

Donde:

T = temperatura

TD = Tierra diatomea

4. Conclusión

Las semillas de girasol contienen un alto porcentaje de aceite, y esto se pudo comprobar, mediante la extracción mecánica realizada con el equipo de expeller. Además, al analizar sus características fisicoquímicas se obtuvo un índice de peróxido relativamente alto reflejando un porcentaje alto de miliequivalentes de oxígeno activo por kg de aceite extraído, este resultado se produjo por la exposición a temperaturas cambiantes antes del proceso de refinado. Otras características importantes a resaltar en la extracción de aceite de girasol es su índice de acidez ya que los resultados de los tratamientos no se encuentran entre los rangos establecidos debido a que no se concretó la eliminación de los ácidos grasos libres en el proceso de desgomado, y, por otro lado, no se continuó con el proceso de neutralización y desodorización y estas dos etapas son en donde se eliminan los ácidos grasos libres. Respecto a los valores de pH obtenidos, nuestros tratamientos están dentro de los parámetros permitido. Asimismo, los resultados de color fueron altos a los resultados obtenidos de aceites de marcas comerciales debido a que en la etapa del blanqueado no se eliminó la mayoría de los pigmentos de color. Finalmente enfatizar que el no completar todo el proceso de refinación influyo en los resultados obtenidos, pues fueron diferentes a los aceites comerciales, los cuales sí tienen el proceso de refinación completo.

5. Referencias

AFOA, American Fats and Oils Association (2014). Standard Trade Rules – Specifications for Linoleic Sunflower Oil Crude (Rule 14), Mid-Oleic Sunflower Oil (Nusun) Crude (Rule 14B), Linoleic Sunflower Oil Fully Refined, Bleached and Deodorized (Rule 15), and Mid-Oleic Sunflower Oil

Choe, E., & David, B. M. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. Comprehensive Reviews Food Science Food Safety, 169–86. doi:.org/10.1111/j.1541-4337.2006. 00009.x

Daniela, L. L., Guillermo , H. C., & Diana , T. C. (2014). Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process. Food Science and Technology, 71-76. doi:10.1016/j.lwt.2014.02.024

CODEX ALIMENTARIUS CXS 210, (1999). Norma para Aceites Vegetales Especificados.

CODEX STAN 210, (1999). Norma para los Aceites y Grasas

CODEX STAN 19, (1981) Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales

Ebrahimian, E., Seyyedi, S. M., Bybordi, A., & Damalas, C. (2019). Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water* , 1/9.

Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R. y De Caro, A. (2002). Cambios en el rendimiento de la semilla y la composición de ácidos grasos en el aceite de los híbridos de girasol alto en oleico (Helianthus annuus L.) en relación con la fecha de siembra y el régimen hídrico. Revista europea de agronomía, 17 (3), 221-230.

Fernández Long, G. (2015). La refinación física en el procesamiento de aceites. *pdf*, 2/48.

Gallegos-Infante, J., Rocha-Guzman, N., Gonzalez-Laredo, R., Zuno-Floriano, F., & Vidaña-Martinez, S. (2003). Caracterización de dos variedades de girasol con potencial para la producción de aceite extraído con hexano e isopropanol. *Instituto Tecnológico de Durango, Departamento de ingenieria Quimica y Bioquimica*, 1-8.

Ghasemnezhada, A., & Honermeier, B. (2009). Influence of storage conditions on quality and viability of high and low oleic sunflower seeds. *International Journal of Plant Production*, 2/11.

Grasso, F. V. (2013). Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. *Tesis*, 1-194.

Guardia Espinoza, E., Herrera Hurtado, G. L., Garrido Jacob, S., Cárdenas Peralta, D., Martinez Romero, C., Hernandez Figueroa, P., . . . Flores Ángeles, M. (2015). Efecto protector de Helianthus annuus (Girasol) sobre el infarto de micardio en conejos Nueva Zelanda. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 1/7.

Guerrero Pérez, A. H. (2016). Estudio de factibilidad para el procesamiento de aceite de Girasol (Helinthus annuus) en el cantón urcuquí y su comercialización a nivel nacional. *Tesis*, 30-98.

Hernandez, Mieres, Niño y Pérez (2007). Efecto de la refinación física sobre el aceite de la almendra del corozo (Acrocomia aculeata). Información Tecnológica, 18(5), 59-68.

Kumar, S., Prasad, S. R., Banerjee, R., Agarwal, D. K., kulkarni, K. S., & Ramesh, K. V. (2017). Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds. *Chemistry Central journal*, 1/7. doi:10.1186%2Fs13065-017-0238-8

Lamas, D. L. (2014). Desgomado enzimatico de aceites . *Tesis*, 1-179.

Lamas, D. L., Crapiste, G. H., & Constenla, D. T. (2014). Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process. LWT - Food Science and Technology, 1/6.

O'brien, RD (2008). *Grasas y aceites: formulación y la transformación de las aplicaciones.* Prensa CRC.

Pons, G. A. (2015). Aceites vegetales, hacia una producción sostenible. *El hombre y la química*, 1-12.

Nasirull. (2004). Physical refining: Electrolite degumming of nonhydratable gums from selected vegetable oils. *Department of Lipid Science and Traditional Foods Central Food Technological Research Institute*, 1-9.

Nasirullah K. y G. Ramanatham, Physical Refining of Rice Bran and Soybean Oils. Journal Food Sci. Technol. 37(2), 135-138 (2000).

Sanchez-Muniz, F., Bastida, S., & Benedı´, J. (2016). Sunflower Oil. *Encyclopedia of Food and Health*, 1/10. doi:org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00674-7

NIOP, National Institute of Oilseed Products (2014). Trading Rules – Specifications for High Oleic Sunflower Oil Crude: Rule 6.13.

Stefanoudaki, E., Williams, M., & Harwood, J. (2010). Changes in virgin olive oil characteristics during different storage conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2/9.

Tasan, M., Gecgel , U., & Demirci, M. (2011). Effects of storage and industrial oilseed extraction methods on the quality and stability characteristics of crude sunflower oil (Helianthus annuus L.). *Grasas y Aceites*, 1/11.

Zheljazkov, V., Vick, B., Ebelhar, M., Buehring, N., Baldwin, B., Astatkie, T., & Miller, J. (2008). Yield, Oil Content, and Composition of Sunfl ower Grown at Multiple Locations in Mississippi. American Society of Agronomy, 1/8.

Zheljazkov, V., Vick, B., Baldwin, B., Buehringa, N., Coker, C., Astatkie, T., & Johnson, B. (2011). Oil productivity and composition of sunflower as a function of hybrid and planting date. *Industrial Crops and Products*, 3/9.

Vick, B., Warner, K., Isaak, R., Kleingartner, L., & Doroff, K. (2003). Compositions Of Sunflower, Nusun (Mid-Oleic Sunflower) And High-Oleic Sunflower Oils. pdf, 1/7