



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE POSGRADO Y FORMACIÓN CONTINUA**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN  
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER  
EN AGROINDUSTRIA**

**MODALIDAD:**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TEMA:**

**CORRELACIÓN ENTRE LOS PERÍODOS DE INDUCCIÓN  
OXIDATIVA Y MÉTODOS SENSORIALES PARA DETERMINAR EL  
UMBRAL DE ACEPTACIÓN EN ACEITES VEGETALES  
COMESTIBLES**

**AUTORAS:**

**GÉNESIS NATALY MOLINA QUIJIJE  
ERIKA ALEJANDRA ZAMORA MEZA**

**TUTOR:**

**Mg. FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS**

**CO - TUTOR:**

**ING. ELY SACÓN VERA, Ph.D,**

**CALCETA, ENERO 2021**

## DERECHOS DE AUTORÍA

**GÉNESIS NATALY MOLINA QUIJIJE** y **ERIKA ALEJANDRA ZAMORA MEZA**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, que se han respetado los derechos de autor de terceros, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido del mismo, así como ante la reclamación de terceros, conforme a los artículos 4, 5 y 6 de la Ley de Propiedad Intelectual.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido en el artículo 46 de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



GÉNESIS NATALY MOLINA QUIJIJE



ERIKA ALEJANDRA ZAMORA MEZA

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**Mg. FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS**, certifica haber tutelado el trabajo de titulación correlación entre los períodos de inducción oxidativa y método sensorial para determinar el umbral de aceptación en aceites vegetales comestibles **GÉNESIS NATALY MOLINA QUIJIJE Y ERIKA ALEJANDRA ZAMORA MEZA**, previo la obtención del título de Magister en Agroindustria, de acuerdo al Reglamento de unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

**Mg. FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS**

## CERTIFICACIÓN DE CO - TUTOR

**ING. ELY SACÓN VERA, Ph.D**, certifica haber co-tutelado el trabajo de titulación correlación entre los períodos de inducción oxidativa y método sensorial para determinar el umbral de aceptación en aceites vegetales comestibles. **GÉNESIS NATALY MOLINA QUIJIJE Y ERIKA ALEJANDRA ZAMORA MEZA**, previo la obtención del título de Magister en Agroindustria, de acuerdo al Reglamento de unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

ING. ELY SACÓN VERA, Ph.D,

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación correlación entre los períodos de inducción oxidativa y métodos sensoriales para determinar el umbral de aceptación en aceites vegetales comestibles **GÉNESIS NATALY MOLINA QUIJIJE Y ERIKA ALEJANDRA ZAMORA MEZA**, previa la obtención del título de Magister en Agroindustria, de acuerdo al Reglamento de la unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Mg. FRANCISCO DEMERA LUCAS

**MIEMBRO**



Mg. NELSON MENDOZA GANCHOZO

**MIEMBRO**



Mg. ROSANNA KATERINE LOOR CUSME

**PRESIDENTE**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, su gracia, misericordia y bondad nos ha permitido sonreír ante este logro; resultado innegable de su guía en todo el camino hacia la excelencia y el valor agregado a nuestra formación personal.

A nuestras familias por brindarnos su apoyo incondicional, motivando nuestros anhelos y valorando el esfuerzo de nuestros avances.

A nuestro tutor Mg. Fernando Zambrano Ruedas por su valioso aporte en esta investigación.

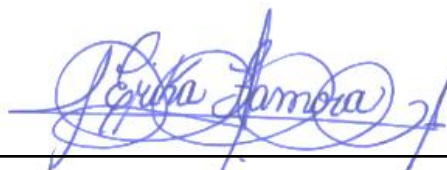
A nuestro co - tutor Ing. Ely Sacón Vera, Ph.D por los ánimos y apoyo impartido para la culminación de este trabajo.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dió la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.



---

**GÉNESIS NATALY MOLINA QUIJIJE**



---

**ERIKA ALEJANDRA ZAMORA MEZA**

## DEDICATORIA

A mi ABBA PADRE, por su amor, gracia, protección, fuerzas, descanso y sabiduría a mi asignada, para lograr este objetivo personal y profesional, todo es por Él y para Él.

A mi mamá Ángela Quijije Carreño por sus oraciones y su apoyo constante desde el día en que supo que me tendría, a mi papá Roberth Molina Rivera por sus alegrías y emociones motivadoras a mi ser, en cada uno de los logros obtenidos.

A mis hermanos Fanny y Roberth, por llorar y alegrarse conmigo durante toda esta etapa.

A mi abuelita Nila Carreño, por su cariño y cuidado brindado desde siempre y por sus desarrollos a mí revelados.

A mis Padres espirituales y Pastores Geovanny y Clary Hidalgo Casierra por su apoyo constante sin necesidad de verlos, sus oraciones y guía han sido y serán fundamentales.

Les dedico este logro, siendo Dios el más importante de mis dedicados, y redondo dándole todo mi agradecimiento y mis aplausos a ÉL.



---

**GÉNESIS NATALY MOLINA QUIJIJE**

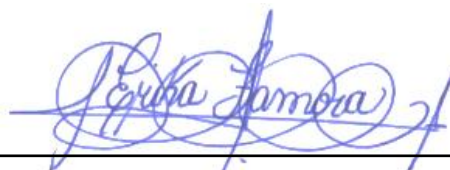
A Dios, quien como guía siempre está presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres Mariana Meza Mero y Eugenio Zamora Zambrano que, con su apoyo incondicional, amor y confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad para lograr mi meta propuesta en el campo profesional.

A mis hermanos María Eugenia Zamora Meza, Javier Zamora Meza, Bryan Zamora Meza. Les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes momentos de felicidad.

A mis sobrinas Ashley, Danna y María Emilia porque siempre llenan de alegría cada día de mi vida.

Les dedico todo mi esfuerzo plasmado en este proyecto de tesis, con mucho amor y cariño a todos ustedes.



---

**ERIKA ALEJANDRA ZAMORA MEZA**



## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....	iii
CERTIFICACIÓN DE CO - TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3. OBJETIVOS .....	4
1.4. HIPÓTESIS .....	4
<b>CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
2.1. VIDA ÚTIL EN ACEITES VEGETALES COMESTIBLES .....	5
2.2. DEGRADACIÓN OXIDATIVA .....	6
2.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL .....	9
2.4. MATRICES OLEAGINOSAS Y MÉTODOS ANALÍTICOS .....	11
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
3.1. UBICACIÓN .....	17
3.2. DURACIÓN .....	17
3.3. FACTORES EN ESTUDIO .....	17
3.4. NIVELES DEL FACTOR .....	17
3.5. TRATAMIENTOS .....	18
3.6. NÚMERO DE REPETICIONES .....	19
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	19
3.8. UNIDADES EXPERIMENTALES .....	19
3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	19
3.10. VARIABLES A MEDIR.....	21
3.11. MÉTODOS DE EVALUACIÓN .....	21
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contenidos de ácidos grasos del aceite de girasol.....	11
<b>Tabla 2.</b> Contenidos de ácidos grasos del aceite de soya.....	12
<b>Tabla 3.</b> Factor y niveles para el aceite de girasol.....	17
<b>Tabla 4.</b> Factor y niveles para el aceite de soya.....	18
<b>Tabla 5.</b> Descripción de los tratamientos.....	18
<b>Tabla 6.</b> Esquema de ANOVA factorial.....	19
<b>Tabla 7.</b> Caracterización química de aceite de girasol RBD (SFO) y aceite de soya RBD (SBO).....	24
<b>Tabla 8.</b> Estabilidad Oxidativa de Aceite de Girasol RBD (SFO).....	25
<b>Tabla 9.</b> Estabilidad Oxidativa de Aceite de Soya RBD (SBO).....	25
<b>Tabla 10.</b> Compuestos Orgánicos Volátiles de Aceite de Girasol RBD (SFO).....	27
<b>Tabla 11.</b> Compuestos Orgánicos Volátiles de Aceite de Soya RBD (SBO).....	28
<b>Tabla 12.</b> R <sup>2</sup> de la concentración de compuestos volátiles en aceite de girasol y soya RBD.....	30
<b>Tabla 13.</b> Resultados de Índices de Peróxidos de Aceite SFO RBD y SBO RBD.....	31
<b>Tabla 14.</b> Resultados de Coeficientes de Extinción de Aceite SFO RBD y SBO RBD.....	32
<b>Tabla 15.</b> Resultados de Prueba de Normalidad Shapiro Will.....	33
<b>Tabla 16.</b> Resultados de Prueba de Homogeneidad de Levene.....	33
<b>Tabla 17.</b> Prueba No Paramétrica de Kruskal Wallis.....	34
<b>Tabla 18.</b> Subconjuntos Homogéneos.....	34
<b>Tabla 19.</b> Prueba para la variable de aceptabilidad.....	37

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Principales Compuestos e Hidrocarburos de Oxidación de Aceite de Girasol RBD (SFO).....	28
<b>Figura 2.</b> Principales Compuestos e Hidrocarburos de Oxidación de Aceite de Soya RBD (SBO).....	29
<b>Figura 3.</b> Prueba No Paramétrica de Kruskal Wallis de Muestras Independientes en Compuestos Orgánicos Volátiles.....	35
<b>Figura 4.</b> Prueba No Paramétrica de Kruskal Wallis de Muestras Independientes en el Porcentaje de Aceptabilidad Sensorial.....	37

## ANEXOS

<b>ANEXO 1:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD OXIDATIVA ACEITE DE GIRASOL Y SOYA RBD.....	46
<b>ANEXO 2:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DE ACEITE DE GIRASOL Y SOYA RBD CONDUCTIVIDAD 10, 20, 30, 40 $\mu$ S/cm.....	48
<b>ANEXO 3:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DE ACEITE DE SOYA RBD.....	56
<b>ANEXO 4:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS SENSORIAL REALIZADO A PANELISTAS NO ENTRENADOS.....	64
<b>ANEXO 5:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS DE ACEITES GIRASOL Y SOYA RBD.....	65
<b>ANEXO 6:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE COEFICIENTES DE EXTINCIÓN POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV.....	67
<b>ANEXOS 7:</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE ACEITES GIRASOL Y SOYA RBD.....	69
<b>ANEXO 8:</b> FOTOGRAFÍAS DE EQUIPOS.....	71
<b>ANEXO 9:</b> PROCESO DE ANÁLISIS Y ENSAYOS REALIZADOS.....	73

## RESUMEN

En la industria de aceites y grasas es fundamental el estudio de la vida útil en función de la estabilidad oxidativa, generando el desafío de poder estimar de manera más certera esta información. El objetivo de este trabajo fue determinar el umbral de aceptación de aceites vegetales comestibles mediante métodos sensoriales instrumentales y de percepción humana, luego de someterlos por diferentes períodos de tiempo a una oxidación acelerada en Rancimat. Muestras refinadas y desodorizadas de girasol y soya se utilizaron para la determinación de los períodos de inducción. La temperatura de análisis para los tratamientos fue de 110 °C, tomando muestras a las conductividades 10, 20, 30 y 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se realizó la caracterización de los compuestos orgánicos volátiles (VOC) mediante cromatografía de gases cabeza volátil estática, la evaluación sensorial con un panel de catadores no entrenados, se aplicó un diseño de bloques y se realizó la correlación mediante regresión lineal simple de los VOC y el método sensorial. Se observaron que existen correlaciones de los VOC de las conductividades y los resultados del panel sensorial. El  $R^2$  de la concentración de los compuestos volátiles para cada unidad experimental fue de 0,8411, 0,8400 y 0,8397 para el girasol y 0,7298, 0,7923 y 0,7978 para la soya. Se identificó a la conductividad de 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para ambos aceites como el tratamiento más aceptable calificado por los panelistas, resaltando que la conductividad de 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mostró aceptabilidad a pesar de ser el tratamiento de mayor nivel oxidativo.

## PALABRAS CLAVE

GC-headspace, rancimat, conductividad, soya, girasol, panel sensorial.

## ABSTRACT

In the oil and grease industry, it is essential to study the shelf life based on oxidative stability, creating the challenge of being able to estimate this information more accurately. The objective of this work was to determine the threshold of acceptance of edible vegetable oils by instrumental sensory methods and human perception, after subjecting them for different periods of time to an accelerated oxidation in Rancimat. Refined and deodorized samples of sunflower and soybean were used to determine the induction periods. The analysis temperature for the treatments was 110°C, taking samples at conductivities 10, 20, 30 and 40  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , the characterization of volatile organic compounds (VOC) was carried out by means of static volatile head gas chromatography, the Sensory evaluation with a panel of untrained tasters, a block design was applied and the correlation was carried out using simple linear regression of VOCs and the sensory method. It was observed that there are correlations of the VOCs of the conductivities and the results of the sensory panel. The  $R^2$  of the concentration of volatile compounds for each experimental unit was 0.8411, 0.8400 and 0.8397 for sunflower and 0.7298, 0.7923 and 0.7978 for soybean. The conductivity of 10  $\mu\text{S} / \text{cm}$  was identified for both oils as the most acceptable treatment rated by the panelists, highlighting that the conductivity of 40  $\mu\text{S} / \text{cm}$  showed acceptability despite being the treatment with the highest oxidative level.

## KEY WORDS

GC-headspace, rancimat, conductivity, soybean, sunflower, sensory panel.

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La industria alimentaria está expuesta a la exigencia de los consumidores que precisan de productos de elevada calidad, teniendo como expectativa que la calidad de los alimentos se mantendrá durante el período de compra y consumo. La vida útil es una cualidad importante en todos los intervinientes en un proceso productivo, desde la materia prima hasta el producto elaborado.

Rizzo et al. (2019) indican que la vida útil se define como el tiempo finito después de su producción en condiciones controladas de almacenamiento, en las que tendrá una pérdida de sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas, y sufrirá un cambio en el perfil microbiológico de acuerdo al tipo de producto. En aceites y grasas el deterioro oxidativo está ligado a la estimación del tiempo de vida útil.

Según Syed (2016) todos los aceites y grasas se oxidan durante el almacenamiento, estas tasas de oxidación se atribuyen principalmente a factores inherentes, como el perfil de ácidos grasos, humedad e impurezas, calidad del procesamiento, factores externos como temperaturas de almacenamiento, concentración de oxígeno y luz.

Además, indica que la estabilidad en el almacenamiento de los aceites es un área crítica de investigación, debido a que los mismos no tienen una vida útil definida. Un aceite embotellado vendido por dos compañías diferentes puede diferir en sus códigos de vencimiento debido a que no tienen establecida una medida de aceptabilidad o inaceptabilidad; cuando se trata de aceite de cocina para uso doméstico, los consumidores tienen diferentes niveles de tolerancia involucrando demasiada subjetividad en la determinación de la vida útil.

Esta declaración podría generar grandes diferencias de opiniones dentro de la industria, por los criterios de calidad para considerar un producto aceptable o inaceptable por el consumidor, como el nivel de oxidación aceptable real puede diferir de consumidor a consumidor.

Como lo establece el autor Koontz (2016) la rancidez, se trata principalmente de la reacción del oxígeno atmosférico en los ácidos grasos insaturados, esta reacción genera productos de oxidación primaria (peróxidos e hidroperóxidos) y productos de oxidación secundaria como volátiles, semi-volátiles, aldehídos, cetonas, ácidos ionizables, dienos y trienos a más del aumento de su viscosidad y por ende la pérdida de sus propiedades organolépticas.

Información publicada por Min Hu, Charlotte y Jacobsen (2016) denota que los aceites vegetales RBD (refinado, blanqueado y desodorizado) se presentan en un escenario ambiguo respecto a los criterios de parámetros de calidad que se encuentran dentro de una especificación, el PV (valor de peróxido) es un parámetro de calidad para liberar aceites RBD, este no debe ser mayor a 1,0 meq  $O_2$ /kg. El impacto de la frescura y calidad de la vida útil del producto terminado puede tener este parámetro como crítico o insignificante dependiendo de la aplicación que el aceite tendrá.

Por esta razón Syed (2016) (como se citó por Li et al. 2013) indica que no existe consenso entre la calidad global y organismos reguladores por la falta de datos científicos que evidencian que un PV de 12 meq $O_2$ /kg de aceite deba considerarse el final de la vida útil de todos los aceites comestibles en distintas aplicaciones, además sugieren considerar el término de estabilidad de almacenamiento en lugar de vida útil.

Mientras tanto Freire, Guerrón, Jiménez, Román y Burgos (2018) en el Ecuador los aceites son parte de los ingredientes culinarios procesados de mayor consumo que complementan la dieta diaria. Actualmente se ha evidenciado cambios en los patrones de consumo en el país, corresponden a la necesidad del cuidado de la salud y de la disponibilidad de los mismos en un tiempo prolongado.

En este marco Manzocco, Calligaris, Anese y Nicoli (2016) establecen que la oxidación y la percepción sensorial constituyen un evento crítico para determinar el tiempo de vida útil de aceites y grasas, siendo esta crucial para verificar el tiempo que durará antes de oxidarse a niveles inaceptables mientras que Yang y Boyle (2016) a su vez determinan que la definición de indicadores oxidativos y la

elección del límite de aceptabilidad, así como las posibles metodologías para las pruebas de vida útil son esenciales para aportar información más referencial acerca de esta predicción.

Por último, la industria aceitera tiene el gran desafío de estimar el tiempo de vida útil, correlacionando la estabilidad oxidativa como principal factor de deterioro con la percepción sensorial, debido a los términos regulatorios sobreestiman las características fisicoquímicas para emitir un tiempo de vida útil, dejando aislada la experiencia del consumidor.

Con estos antecedentes se plantea la siguiente pregunta científica. ¿Puede la correlación de la estabilidad oxidativa con los métodos sensoriales determinar el umbral de aceptación en aceites vegetales?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de la presente investigación está enmarcado en la creciente necesidad de los consumidores por conocer el tiempo de disposición de los alimentos, esta necesidad genera a la industria el desafío de poder estimar de manera más certera esta información.

El presente estudio beneficiará al consumidor, pues para la industria aceitera es un desafío determinar el límite de aceptación de sus productos a más de los tiempos establecidos como vida útil, debido a que los aceites poliinsaturados por sus características químicas tienden a degradarse en menor tiempo y esta degradación está influenciada por factores externos no controlables generando compuestos alterantes de la calidad del aceite y por ende afectando la salud del consumidor como lo indican Zhang et al. (2017).

Atendiendo estas consideraciones los resultados de esta investigación aportarán a la industria y la academia, acerca de los tiempos oportunos para la disposición de aceites vegetales RBD, además se obtendrá la correlación de los períodos de estabilidad oxidativa acelerada con métodos de evaluación de la percepción sensorial para obtener predicciones de vida útil más cercanas a la realidad.

En definitiva, se dejará una pauta para la aplicación de estos mecanismos en otras matrices oleaginosas puras o alimentos que contengan grasas y aceites.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el umbral de aceptación de aceites vegetales comestibles mediante métodos sensoriales, luego de someterlos por diferentes períodos de tiempo a una oxidación acelerada.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los niveles de oxidación por el método acelerado Rancimat en aceites de girasol y soya RBD.
- Establecer el límite de aceptación sensorial de los aceites de girasol y soya RBD.

### **1.4. HIPÓTESIS**

La correlación de los períodos de inducción oxidativa acelerada con el límite de aceptación del consumidor en aceites, pueden brindar predicciones de umbral de aceptación más cercanas a la realidad.



## **CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. VIDA ÚTIL EN ACEITES VEGETALES COMESTIBLES**

Alemayhu (2019) define a la vida útil de los productos oleaginosos como el período de tiempo en condiciones normales de almacenamiento dentro del cual no se desarrollan defectos desagradables y se retienen los parámetros de calidad dentro de los límites aceptados para productos de categoría comercial, a su vez destaca que la calidad de los alimentos es la característica más importante que determina la aceptabilidad del consumidor, presentándose como un estado dinámico, hasta alcanzar el nivel de calidad que discrimina los productos que aún son aceptables para el consumo, de aquellos que ya no lo son.

Además, indica que el nivel de calidad generalmente se define como el límite de aceptabilidad más allá del cual el producto se vuelve inadecuado para el consumo debido a críticas legales, nutricionales y sensoriales. Al mismo tiempo, la vida útil de aceites se ve afectada principalmente por su susceptibilidad a la autooxidación, que está determinada en gran parte por su composición de ácidos grasos.

#### **2.1.1. UMBRAL DE ACEPTACIÓN SENSORIAL**

En este mismo contexto Manzocco et al. (2016) hace énfasis en la atención que se debe prestar a la diferencia existente entre un estudio de vida útil con el objetivo de estimar correctamente el tiempo de vida y un estudio de estabilidad dirigido a medir la cinética del agotamiento de la calidad. Aunque hay una gran cantidad de estudios que tratan sobre la estabilidad alimentaria, a menudo no permiten que se obtengan datos de vida útil por falta de un límite de aceptabilidad claramente definido.

#### **2.1.2. FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA ÚTIL**

Según Koontz (2016) la estabilidad oxidativa en aceites y grasas puede verse gravemente afectada por el oxígeno atmosférico, la irradiación de la luz, vapor de agua del ambiente externo y materiales de embalaje, mientras que Talbot (2016) indica que los factores principales de incidencia en la vida útil de productos oleaginosos están estrechamente ligados con la composición química, condiciones de almacenamiento, atmósfera y temperatura.

Por tanto, Uzun y Ibanoglu (2018) explican que uno de los principales factores ambientales que afecta la pérdida de calidad es la temperatura, lo que provoca la descomposición oxidativa térmica en aceites y grasas, este argumento está relacionado con lo mencionado por Talbot (2016) en cuanto a la composición química por los efectos sobre la estabilidad oxidativa por los tipos de ácidos grasos presentes como enlaces de éster con el esqueleto de glicerol del triglicérido.

## **2.2. DEGRADACIÓN OXIDATIVA**

Alberdi, Ibargoitia y Guillén (2019) indican que los aceites vegetales son ingredientes alimenticios y complementos culinarios utilizados globalmente. Sufren grandes cambios en su composición bajo condiciones oxidativas debido a la degradación de algunos de sus componentes y a la formación de otros nuevos compuestos. En consecuencia, la seguridad, el valor nutricional y las características sensoriales de los aceites pueden verse afectados. Por estas razones, es de gran importancia conocer la evolución de los componentes originales del aceite, la identidad y características de los nuevos compuestos formados, cuando se someten a condiciones oxidativas.

En este contexto Huyan (2019) señala que dentro de los factores de mayor impacto en la disminución de la calidad de aceites se encuentra la oxidación, constituyéndose un criterio de calidad importante en la industria oleaginosa porque se produce durante el procesamiento y almacenamiento, generando peróxido de hidrógeno que luego se descompone en una variedad de compuestos desagradables, ocasionando la disminución de la calidad.

### 2.2.1. ETAPAS Y COMPUESTOS DE OXIDACIÓN

Alemayhu (2019) (como se citó por Alonso, Campos, Salvador y Frangipane, 2004) evidencian que la reacción de autooxidación está seguida de una serie de compuestos que causan sabores desagradables, ranciedad, pérdida de valor nutricional y finalmente rechazo del consumidor. La reacción consiste en tres etapas principales:

- **Iniciación:** Implica la abstracción de una molécula de hidrógeno de un ácido graso insaturado, formando un radical alquilo.
- **Propagación:** Comienza cuando el oxígeno se agrega al radical alquilo y formando un radical peroxilo de alta energía, que luego puede extraer hidrógeno de otra molécula y continúa el ciclo de oxidación.
- **Terminación:** Ocurre cuando dos especies radicales se combinan, formando un no radical.

Sin embargo, Nogueira, Scolaro, Milne y Castro (2018) sostienen que la oxidación leve puede ocurrir en etapas muy tempranas del aceite, sin promover cambios notables en los aspectos sensoriales de los aceites "frescos" comprados por consumidores e incluso causar productos de oxidación tóxicos biológicamente reactivos. Entre varios factores que inducen la producción de radicales libres y la posterior autooxidación lipídica, la luz, metales de transición y temperatura tienen un efecto predominante.

Koontz (2016) indica que los primeros productos de la oxidación de lípidos son los hidroperóxidos, siendo estos insípidos e inodoros y, por lo tanto, no afectan significativamente la calidad sensorial del aceite dado que algunos de estos compuestos tienen un valor umbral muy bajo para el olor y sabor. El problema es que estos compuestos son generalmente inestables, resultando en la formación de productos de oxidación secundaria como cetonas, aldehídos, alcoholes, hidrocarburos, ésteres u otros, haciéndose evidente la degradación del producto produciendo olores indeseables y sabores asociados con la rancidez.

Además, asume que el principal problema de calidad está influenciado por la oxidación de lípidos incluyendo, como se ha mencionado, el desarrollo de sabores desagradables, textura, color y valor nutricional reducido.

### **2.2.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE OXIDACIÓN**

Nogueira et al. (2018) hacen referencia a que la vía de la degradación oxidativa de las grasas y aceites comestibles producen muchos cambios físicos en el producto, como un aumento de la viscosidad, cambios en la composición y la formación de productos de degradación. Para medir y evaluar estos cambios, hay disponible una amplia gama de métodos para describir el estado oxidativo de los aceites comestibles. Además, se pueden aplicar algunos métodos para evaluar la estabilidad oxidativa del producto. Es importante establecer las diferencias entre estado oxidativo y estabilidad oxidativa como se detalla a continuación:

- El estado oxidativo: Describe el producto en el momento actual.
- Estabilidad oxidativa: Trata de proporcionar información sobre el posible comportamiento del producto durante el almacenamiento posterior.

En este contexto, debe tenerse en cuenta que la medición de un parámetro es una cosa, mientras que la interpretación y la utilidad de ese parámetro para describir la situación real es otra. La evaluación del comportamiento de almacenamiento real a partir de los resultados obtenidos es especialmente difícil, y puede darse interpretaciones erróneas.

#### **• PERÍODO DE INDUCCIÓN OXIDATIVA (IP)**

Para Lama et al. (2018) el tiempo que toma la etapa de iniciación de la oxidación está en función de la composición química, en las grasas a diferencia de los aceites este tiempo será más largo por su saturación. Esto se conoce como "IP" y es un indicador de vida útil. Para la determinación del IP existen diferentes métodos como Oxidografía, Calorimetría diferencial de barrido entre otros.

A su vez indican que en el equipo Rancimat como método de la Oxidografía el IP se mide a partir del gráfico registrador tomando tangentes de la línea de base y la pendiente más pronunciada una vez finalizado el periodo de inducción. Las temperaturas en la determinación de los periodos de inducción son generalmente 100, 110 y 120°C.

En este contexto Tamilalagan y Singaram (2018) dicen que las temperaturas más altas se utilizan para muestras más saturadas o estables, mientras que las más bajas para aceites menos estables, para que las mediciones se puedan completar en un período corto de tiempo, la regla general dice que la tasa de oxidación se duplica con cada 10°C.

También indican que este método ha sido popular en todo el mundo debido a su facilidad de manejo y reproducibilidad de resultados, adoptado por varios estándares incluyendo AOCS Cd 12b-92, ISO 6886 y EN14112 los resultados en tiempo son extrapolados de acuerdo con el Modelo de Arrhenius.

## **2.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL**

### **2.3.1. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC**

De acuerdo con Gerhardt et al. (2018) para respaldar las evaluaciones de panel sensorial y por ende la identificación de defectos sensoriales se realiza un análisis de la cabeza del espacio con cromatografía de gases (HS-GC) de los VOC (compuestos orgánicos volátiles). En los últimos años, la extracción de espacio de cabeza estática convencional (SHS), dinámica microextracción en fase sólida del espacio superior (HS-SPME), han sido ampliamente utilizados para cuantificar y caracterizar los perfiles de compuestos volátiles de aceites.

Así mismo, Endo (2018) indica que la GC (cromatografía de gases) a menudo se usa para evaluar las características sensoriales y grado de oxidación en grasas y aceites comestibles, siendo capaz de determinar compuestos volátiles, que son responsables de impartir sabor en grasas y aceites. Métodos de GC para

compuestos volátiles incluyen el espacio de cabeza, método dinámico de espacio de cabeza y método de inyección directa.

Por consiguiente, las "narices electrónicas" utilizan conjuntos de sensores y sistemas de reconocimiento de patrones que pueden detectar y reconocer. Se han desarrollado olores y sabores, estos se utilizan para clasificar diferentes tipos de aceites comestibles y evaluar el grado de deterioro de los aceites y alimentos que contengan en su formulación aceites y grasas.

### **2.3.2. PERCEPCIÓN SENSORIAL**

En el desarrollo de nuevos productos y estimaciones de vida útil, las empresas alimentarias requieren información sobre cómo los consumidores perciben las características sensoriales del producto y qué atributos impulsan la aceptabilidad para diseñar productos alimenticios que coincidan con las expectativas del consumidor Tarancón, Salvador, Sanz, Fiszman, y Tárrega, (2015).

Además, indican que generalmente, el estudio entre la relación de aceptabilidad y las características sensoriales de un producto se lleva a cabo comparando datos de análisis descriptivos y datos del consumidor, aunque la mejor manera de entender las preferencias, es usar datos del consumidor.

Las características organolépticas de un producto, se sistematizan con una previa puntuación dando conjuntos de sensaciones detectables por los sentidos: olor, sabor y color, aunque este último en el análisis sensorial no es considerado, de esta manera se puede puntuar la intensidad de los atributos negativos y positivos del aceite. La clasificación para los aceites debe tener los defectos igual a cero y los atributos positivos mayores a cero según Salaverry (2017).

En este contexto Reinoso (2016) explica que la evaluación sensorial a menudo se realiza para evaluar la calidad de los alimentos que contienen grasas y aceites comestibles. Los humanos son muy sensibles al gusto y al olfato, y los atributos sensoriales no solo dependen de los informes del panel, sino que también están influenciados por factores externos.

## 2.4. MATRICES OLEAGINOSAS Y MÉTODOS ANALÍTICOS

### 2.4.1. ACEITE DE GIRASOL

Según Akkaya (2018) los aceites vegetales que contienen un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados se pueden clasificar en términos de ácidos grasos esenciales que deben ser parte de la ingesta de la dieta y tienen un papel directo en la salud humana. Se obtiene de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) Codex Stan 210-1999 (2015).

El aceite girasol estándar está compuesto de aproximadamente 15% de ácidos grasos saturados y 85% de ácidos grasos insaturados. Alrededor del 14 - 43% y 44-75% de los ácidos grasos insaturados son ácido oleico y linoleico, no solo es uno de los aceites vegetales más importantes para la nutrición humana, sino también uno de los aceites de mejor calidad por su composición de ácidos grasos.

Estudios han determinado que la síntesis de ácidos grasos en cultivos oleaginosos puede cambiar debido a prácticas genéticas, ecológicas, morfológicas, fisiológicas y culturales e incluso los mismos tipos de aceites pueden mostrar diferentes características de los ácidos grasos. A medida que aumenta el nivel de ácido oleico, el nivel de ácido linoleico disminuye o aumenta.

Los niveles pueden cambiar de acuerdo con las condiciones climáticas, el contenido de ácido oleico de estos aceites puede exceder los límites (14,0-39,4) establecidos en la Norma para Aceites Vegetales Especificados, Codex Alimentarius, Norma n°: "Codex Stan 210-1999" como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1.** Contenidos de ácidos grasos del aceite de girasol

Ácidos grasos	Aceite de Girasol (%) (Estándar)	Aceite de Girasol (%) (ácido oleico medio)	Aceite de Girasol (%) (ácido oleico alto)
Ác. Palmítico C16:0	5,0 - 7,6	4,0 - 5,5	2,6 - 5,0
Ác. Esteárico C18:0	2,7 - 6,5	2,1 - 5,0	2,9 - 6,2
Ác. Oleico C18:1	14,0 - 39,4	43,1 - 71,8	75,0 - 90,7
Ác. Linoleico C18:2	48,3 - 74,0	18,7 - 45,3	2,1 - 17,0
Ác Linolénico C18:3	0,0 - 0,3	0,0 - 0,5	0,0 - 0,3

Fuente: Codex Stan 210-1999 (2015)

## 2.4.2. ACEITE DE SOYA

Sultán, S. M., Dikshit, N. y Vaidya, U. J. (2015) explican que la soya (*Glycine max* L.) clasificada como semilla oleaginosa por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) es de interés mundial. Es uno de los cultivos agrícolas más importantes para la industria y por las propiedades proteicas de la semilla; tiene una capacidad natural para fijar el nitrógeno de la atmósfera. Además, informan, que ha sido la semilla oleaginosa dominante desde la década de 1960, ya que contiene 40% de proteína a diferencia de la mayoría de los otros frijoles que contienen sólo alrededor del 20% de proteína.

Los autores hacen referencia al contenido de aceite en las semillas de soja secas en promedio es de 19% y puede variar de 6,5 a 28,7%, dependiendo del fondo genético de la planta y las condiciones de crecimiento.

El aceite de soya se compone de aproximadamente 16% de ácidos grasos saturados (palmítico C16:0 y esteárico C18:0), 24% de ácidos grasos monoinsaturados (oleico C18:1) y 60% de ácidos grasos poliinsaturados (linoleico C18:2 y linolénico C18:3). Debido al alto porcentaje de estos dos ácidos grasos poliinsaturados, la soya se considera inestable. Sus niveles pueden cambiar de acuerdo con las condiciones climáticas, y estos valores son establecidos en la Norma para Aceites Vegetales Especificados, Codex Alimentarius, Norma n°: "Codex Stan 210-1999" como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2.** Contenidos de ácidos grasos del aceite de soya

Ácidos grasos	Aceite de Soya (%)
Ác. Palmítico C16:0	8,0 – 13,5
Ác. Esteárico C18:0	2,0 – 5,4
Ác. Oleico C18:1	17,0 - 30
Ác .Linoleico C18:2	48,0 – 59,0
Ác Linolénico C18:3	4,5 – 11,0

Fuente: Codex Stan 210-1999 (2015)



### 2.4.3. MÉTODOS ANALÍTICOS

- **MÉTODO DE ESTABILIDAD OXIDATIVA ACELERADA RANCIMAT**

Talbot (2016) explica que el método Rancimat se basa en los cambios de conductividad experimentado por el agua desionizada después de recoger los ácidos orgánicos volátiles producidos en los pasos finales de la oxidación acelerada del aceite en proceso. El tiempo requerido para producir un aumento repentino de la conductividad debida a la formación de ácidos volátiles, principalmente ácido fórmico, determina el índice de estabilidad oxidativa (OSI), que se puede definir como medida de la resistencia a la oxidación en matrices oleaginosas.

Además, indica que en estudios previos han demostrado la correlación entre los datos de estabilidad obtenidos por la prueba de Rancimat y los determinados por otros métodos sensoriales y analíticos. El flujo de aire, el peso de la muestra de aceite y la temperatura son parámetros operativos que se pueden ajustar fácilmente en Rancimat y puede afectar la determinación del índice de estabilidad oxidativa.

El procedimiento regular para este método lo explica Mohanan (2018), consta de pesar muestras en cantidades de 3 a 5g de FSO (aceite de girasol) o cualquier aceite es vertido en un vial de vidrio y calentado a 110°C a una velocidad de flujo de aire que puede ir de 10 a 20 litros por hora. Los compuestos oxidados volátiles que salen de la muestra. Durante el calentamiento se transportaron a un recipiente de reacción con 50 mL de agua desionizada, y el cambio en la conductividad fue medido en función del tiempo.

Sin embargo, García (2013) ha investigado el efecto simultáneo de los parámetros de la prueba Rancimat en la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales siendo estos de mucho interés a controlar en el momento de análisis.

Ghosh, Upadhyay, Mahato y Mishra (2018) estiman que realizar predicciones de vida útil de los aceites a temperaturas ambientales es complejo por esto se utilizan temperaturas elevadas para efectuar la aceleración de la oxidación y

poder estimar tiempos de vida de anaquel, a su vez informan que las tasas de oxidación lipídica varían exponencialmente con la temperatura y la vida útil puede predecirse en horas utilizando Rancimat y extrapolando a temperaturas de almacenamiento habituales de los consumidores.

- **CROMATOGRAFÍA DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC**

Este método permite obtener el perfil de compuestos volátiles de aceites y grasas rancias, además, determina la concentración hasta partes por billón de aldehídos volátiles y otros indicadores de oxidación de aceites como hidrocarburos livianos. En las grasas durante la oxidación se incrementa el nivel de compuestos volátiles.

En la oxidación de ácido linoleico particularmente se forman pentano, hexanal y 2-heptenal; la oxidación del ácido linolénico genera 2,4-heptadienal mientras que el ácido oleico produce octanal y nonanal. Estos compuestos químicos son indicadores de oxidación en aceites vegetales y el análisis de cabeza volátil es un medio efectivo de detectarlos. Este análisis es realizado por cromatografía gaseosa a partir de la cabeza volátil estática, usando un cromatógrafo de gases con módulo para cabeza volátil Triplus HS. La columna cromatográfica usada es polar (wax-bonded) Zhang et al. (2019).

- **ANÁLISIS SENSORIAL**

El procedimiento de acuerdo a Samotyja (2015) es un análisis sensorial dirigido a consumidores de aceites vegetales comestibles, las muestras son evaluadas por sus propiedades de olor y sabor en un laboratorio sensorial. La cantidad de muestra para cada panelista es de 5mL después de alcanzar una temperatura final de 20°C se colocan en botellas con tapa de vidrio ámbar de 150mL para permitir que se acumulen volátiles en el espacio superior.

Además, sugiere utilizar perlas de vidrio para mejorar la liberación de volátiles de olor cuando la muestra se agita antes de olfatear. Los consumidores deben recibir bandejas codificadas con las muestras, presentadas en orden aleatorio y

etiquetadas con números aleatorios de tres dígitos. Se les pide que olfateen y degusten la muestra, evaluando el olor y sabor rancio respondiendo "sí" o "no" a la pregunta: 'Imagine que tiene este aceite almacenado en su cocina, ¿lo consumiría normalmente?'

- **ÍNDICE DE PERÓXIDOS**

Loukou et al. (2019) establece que el índice de peróxido es determinado por el método oficial AOCS Cd 8b-90 actualización (2017), es un método titrimétrico que utiliza una solución de ácido acético, e isoctano este procedimiento determina todas las sustancias, en términos de miliequivalentes de peróxido por 1000 gramos de muestra, que oxidan el yoduro de potasio en las condiciones de prueba. En general el procedimiento supone que las sustancias son peróxidos u otros productos similares de oxidación de grasas.

- **COEFICIENTES DE EXTINCIÓN UV MÉTODO PORIM P2.15**

Malvis et al. (2019) indican que los coeficientes de extinción determinan por espectrofotometría la absorbancia a 232 y 270 nanómetros (nm) (K232 y K270 respectivamente) realizando una corrección analítica por carotenos. La absorción a 232 y 270nm está relacionada con la presencia de productos de oxidación primarios (CD, monohidroperoxidos, hidroperóxidos del ácido linoleico, que absorben luz principalmente a 232nm) y secundarios (CT, hidroperóxidos polares, compuestos carbonilos o cetónicos, el contenido relativo de dienos conjugados (CD), trienos conjugados (CT), los cuales absorben luz de 270nm principalmente). Este método es aplicable a todo tipo de aceites vegetales comestibles.

- **PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS**

Procedimiento realizado por cromatografía gaseosa (GC) para la determinación de la composición de ácidos grasos, incluyendo isómeros trans en aceites y grasas vegetales y animales siguiendo el método de la AOCS Ce-1h-05. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAME) de la muestra obtenidos de acuerdo a la instrucción AOCS Ce-2-66 son separados en una columna

cromatográfica capilar teniendo una fase estacionaria altamente polar de acuerdo a su longitud de cadena carbonada , grado de insaturación, geometría y posición de los dobles enlaces.

Según Danish y Nizami (2019) este método está especialmente diseñado para determinar por un procedimiento simple de GC los niveles de isómeros trans, ácidos grasos saturados (SAFA), ácidos cis y trans, ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) cis-trans en la misma muestra y mismo análisis. Se aplica también para el etiquetado nutricional. El procedimiento es aplicable en aceites y grasas crudos, refinados, parcial o totalmente hidrogenados de origen vegetal o animal.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. UBICACIÓN

El presente proyecto de investigación se realizó en el departamento de I+D (Investigación y desarrollo) de La Fabril S.A. Ubicada en el Km 5.5 vía Manta - Montecristi, 0.9957503,-80.6903113, 3a,75y,71.26h,90t.

### 3.2. DURACIÓN

La investigación se desarrolló entre los meses de septiembre 2019 y mayo 2020, en un lapso de ocho meses.

### 3.3. FACTORES EN ESTUDIO

Para el desarrollo de esta investigación se realizó un experimento de un solo factor, correspondiente a la conductividad en los períodos de inducción oxidativa acelerada.

### 3.4. NIVELES DEL FACTOR

Este proyecto tiene cuatro niveles y un solo factor.

Los niveles del factor siguieron el esquema que se presenta en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Factor y niveles para el aceite de girasol

Niveles	FACTOR A
	Conductividad, $\mu\text{S/cm}$
1	SFO <sub>1</sub> (10)
2	SFO <sub>2</sub> (20)
3	SFO <sub>3</sub> (30)
4	SFO <sub>4</sub> (40)

**Tabla 4.** Factor y niveles para el aceite de soya

Niveles	FACTOR A
	Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$
1	SBO <sub>1</sub> (10)
2	SBO <sub>2</sub> (20)
3	SBO <sub>3</sub> (30)
4	SBO <sub>4</sub> (40)

"I. Zambrano declaró en base a estudios de líneas bases y experiencia en el campo de aceites y grasas, los niveles de conductividad y tiempos emitidos por el equipo de estabilidad oxidativa acelerada Rancimat presentan diferencias a partir de los 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y los períodos máximos de inducción se obtienen a los 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como fin del período de inducción, tomado para referencia para predecir la estimación de vida útil". (I. Zambrano, comunicación personal, 6 de septiembre de 2019).

### 3.5. TRATAMIENTOS

Se obtuvieron 4 tratamientos para cada unidad experimental como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5.** Descripción de los tratamientos

BLOQUES	TRATAMIENTOS	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
<b>1. ACEITE DE GIRASOL (SFO)</b>	1	SFO C1	Aceite girasol RBD conductividad 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	2	SFO C2	Aceite girasol RBD conductividad 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	3	SFO C3	Aceite girasol RBD conductividad 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	4	SFO C4	Aceite girasol RBD conductividad 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>2. ACEITE DE SOYA (SBO)</b>	1	SBO C1	Aceite soya RBD conductividad 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	2	SBO C2	Aceite soya RBD conductividad 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	3	SBO C3	Aceite soya RBD conductividad 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	4	SBO C4	Aceite soya RBD conductividad 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$

### 3.6. NÚMERO DE REPETICIONES

Se realizaron tres repeticiones por tratamiento de cada unidad experimental  
Como se muestra en la tabla 5.

### 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) factorial (Conductividad, C) (tabla 6.) a cada tratamiento se le asignaron tres réplicas.

Tabla 6. Esquema de ANOVA factorial

Fuente de Variabilidad (FV)	Grados de Libertad (GL)
Total	23
Tratamiento, Conductividad C	3
Bloques (Aceites SFO, SBO)	1
Interacción (Tratamiento x Bloque)	3
Error	16

### 3.8. UNIDADES EXPERIMENTALES

Las unidades experimentales que se emplearon fueron seis litros para cada aceite: girasol RBD y soya RBD.

### 3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### • OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES

Se realizó la toma de muestra de aceites vegetales de soya y girasol de productos terminados del mercado con fecha de elaboración del 17 de marzo de 2020 y la caracterización físico química inicial correspondiente a los análisis: Perfil de ácidos grasos, índice de peróxidos, coeficientes de extinción y compuestos

orgánicos volátiles para cada uno de los aceites. Las unidades experimentales que se emplearon fueron seis litros para cada aceite: girasol y soya.

- **ENSAYOS DE ESTABILIDAD OXIDATIVA ACELERADA EN RANCIMAT**

Las condiciones de trabajo del equipo Rancimat modelo 873 marca Metrohm, se establecieron en 110 °C, con un flujo de aire de 10 L/min.

El procedimiento que se efectuó es el siguiente, para cada una de las repeticiones y niveles del factor:

- ✓ Se pesó 5 gramos de aceite en el vial de reacción.
- ✓ Se colocó 50 mL de agua desionizada en el recipiente del electrodo.
- ✓ Se realizó el ensamble del sistema de flujo de aire y conductividad con el vial de reacción.
- ✓ Se colocó el vial ensamblado en la celda de calentamiento del equipo e iniciar ensayo en el software.

- **MUESTREO DURANTE LOS ENSAYOS DE ESTABILIDAD EN RANCIMAT**

Se tomaron muestras de cada uno de los tratamientos establecidos como niveles (tablas 3 y 4), se realizó los análisis de compuestos orgánicos volátiles, análisis sensorial, coeficientes de extinción e índice de peróxidos.

- **APLICACIÓN DE MÉTODO 1: ANÁLISIS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES**

Para este método se pesó un gramo de aceite en el vial cromatográfico y se procedió a realizar el análisis de compuestos orgánicos volátiles en el cromatógrafo de gases modelo Trace ultra marca Thermo. Este procedimiento se aplicó para cada uno de los tratamientos.



- **APLICACIÓN DE MÉTODO 2: ANÁLISIS SENSORIAL**

Se evaluaron cada uno de los tratamientos por medio de un panel sensorial con 80 catadores no entrenados. Para esto se emplearon 2 mL de muestra colocadas en tubos eppendorf codificados para cada panelista, se realizaron tres réplicas durante el desarrollo de la metodología. Este procedimiento se realizó con el apoyo del laboratorio de evaluación funcional del departamento de investigación y desarrollo de La Fabril S.A.

### **3.10. VARIABLES A MEDIR**

- Perfil de compuestos orgánicos volátiles (nariz electrónica)
- Evaluación sensorial (umbral de aceptación)

Se evaluaron los resultados de la variable correspondiente al método predictivo Rancimat (tiempo de vida) y la evaluación sensorial (umbral de aceptación) contrastando la aceptación o rechazo de los tratamientos en la evaluación sensorial con el perfil de compuestos orgánicos volátiles.

### **3.11. MÉTODOS DE EVALUACIÓN**

- **MÉTODO AOCS Cd.12b-92 PARA PERÍODOS DE INDUCCIÓN OXIDATIVA POR RANCIMAT**

Las operaciones del equipo se efectuaron desde un sistema computarizado mediante el software de control 873 Biodiesel Rancimat, éste permitió realizar un control individual de cada bloque, la evaluación automática de los períodos de inducción, la extrapolación de los tiempos de inducción a otras temperaturas, las funciones de base de datos y la validación del instrumento.

Se instalaron las celdas de conductividad en cada bloque del equipo (Anexo N°8) con 50 mililitros de agua destilada (0,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), acoplados a un electrodo o sensor

de conductividad. Se pesaron 5 g de muestra de cada aceite en los tubos de reacción, sellados y posteriormente conectados a sus respectivas celdas de conductividad (Anexo N°8).

- **MÉTODO AOCS PRÁCTICA RECOMENDADA (CG-4-94) PARA CROMATOGRAFÍA DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC**

En un vial para espacio de cabeza volátil estática se colocaron 2 gramos de muestra del aceite vegetal. Se cerraron los viales herméticamente con las tapas correspondientes y se colocaron en la bandeja del automuestreador del espacio de cabeza Triplus (Anexo N°8).

Las condiciones cromatográficas empleadas fueron; temperatura de horno a 50 °C y se mantuvo 5 minutos, se realizaron trampas que van desde 12 °C hasta 170 °C, el tiempo total de corrida fue de 40 minutos y se utilizó un detector FID y el gas transporte helio a un flujo de 3 mL por minuto. La columna cromatográfica que se utilizó fue polar (DB-WAX GC column Agilent).

Se corrieron las secuencias desde el software Chromquest y se obtuvieron los cromatogramas respectivos.

- **ANÁLISIS SENSORIAL**

Las muestras se evaluaron por sus propiedades de olor y sabor. Se aplicó la metodología descrita por Samotyja (2015) en un laboratorio de análisis sensorial. En la prueba tipo umbral los panelistas debieron responder "sí" o "no" a la pregunta: Imagine que tiene este aceite almacenado en su cocina, ¿lo consumiría normalmente? Se evaluó la actitud durante el uso en el hogar. Se realizaron ponderaciones a las respuestas de los panelistas no entrenados en un número no menor a 80.

Las muestras se almacenaron en tubos eppendorf de dos mililitros y se colocaron en un cuarto frío a 5°C para su posterior evaluación. Las pruebas sensoriales se

realizaron en tres ensayos semanales como réplicas Barbut, Marangoni, Thode, y Tiensa (2019).

### **3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizó este estudio mediante análisis de regresión lineal simple para el tiempo de vida de los aceites; para el umbral de aceptación se realizó la prueba cualitativa de Kruskal Wallis y las pruebas de Shapiro Will y Levene. Los datos se procesaron en el programa estadístico SPSS versión 26.0.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a los objetivos planteados en esta investigación como fase inicial se determinaron los niveles de oxidación en los aceites de girasol y soya RBD se realizó la caracterización química (tabla 7), fase importante para analizar el comportamiento de cada uno de ellos.

**Tabla 7.** Caracterización química de aceite de girasol RBD (SFO) y aceite de soya RBD (SBO)

PRODUCTO		ACEITE DE GIRASOL RBD	ACEITE DE SOYA RBD
<b>Tipo de Carboxilato</b>		%	%
C16:0	Palmitico	5.7	12.2
C18:0	Estearico	5.7	4.1
<b>Total Saturados</b>		11.8	16.7
C18:1 (n-9)	Oleico	26.8	24.2
C20:1 (n-9/n-11)	Gadoleico	0.0	0.2
<b>Total Mono insaturados</b>		26.8	24.4
C18:2 (n-6)	Linoleico	60.6	52.6
C18:3 (n-3/n-6)	*Linolénico	0.0	5.7
C20:2	Eicosadienoico	0.8	0.6
<b>Total Poliinsaturados</b>		61.5	58.9

*Nota. \* C18:3 ácido graso linolénico diferenciador en la estructura química de los aceites de girasol y soya, la presencia de este vuelve altamente oxidable a los aceites, en este caso el aceite de soya con 5.7% de C18:3 en su estructura química es más susceptible a la oxidación.*

La diferencia entre los aceites de girasol y soya RBD se muestran en la composición de ácidos grasos (Anexo N°7) la presencia del ácido linolénico en el aceite de soya a diferencia del aceite de girasol que prescinde de este ácido graso, lo hace altamente vulnerable a la oxidación. El ácido linolénico C18:3 presenta en su estructura química tres dobles enlaces en las posiciones nueve, doce y quince de su cadena carbonada, siendo de esta forma poliinsaturado altamente oxidable.

Estas diferencias están vinculadas con los datos de estabilidad oxidativa obtenidos en los ensayos realizados a cada uno de los aceites (tablas 8 y 9) los períodos de inducción determinados por Rancimat fueron 10,5 horas para el aceite de girasol y 7,5 horas para el aceite de soya, estos datos obtenidos (tiempos de oxidación) introducidos en el modelo predictivo de Arrhenius indican que a una temperatura de almacenamiento de 30 °C el aceite de girasol tiene una estabilidad a la oxidación de 7,5 meses, mientras que el aceite de soya 5,3 meses

estos resultados evidencian la correlación existente entre la composición química (Anexo N°7) y la estabilidad oxidativa de estas matrices oleosas (Anexo N°1).

**Tabla 8.** Estabilidad Oxidativa de Aceite de Girasol RBD (SFO)

PRODUCTO	RESULTADO DE ESTABILIDAD OXIDATIVA, 110°C	ALMACENAMIENTO	VIDA ÚTIL ESTIMADA
	(Horas)	(°C)	(Mes)
ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO)	10,5	30	7,5

*Nota. Ésta tabla presenta los resultados de estabilidad oxidativa determinado por el equipo Rancimat en horas y luego se realizó la predicción de tiempo de vida útil calculado en meses a temperatura de almacenamiento de 30°C*

**Tabla 9.** Estabilidad Oxidativa de Aceite de Soya RBD (SBO)

PRODUCTO	RESULTADO DE ESTABILIDAD OXIDATIVA, 110°C	ALMACENAMIENTO	VIDA ÚTIL ESTIMADA
	(Horas)	(°C)	(Mes)
ACEITE DE SOYA RBD (SBO)	7,5	30	5,3

*Nota. Ésta tabla presenta los resultados de estabilidad oxidativa determinado por el equipo Rancimat en horas y luego se realizó la predicción de tiempo de vida útil calculado en meses a temperatura de almacenamiento de 30°C*

### • DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES POR HEADSPACE – GC

Se determinaron los compuestos orgánicos volátiles a los tratamientos 1,2,3 y 4 con sus conductividades 10, 20, 30 y 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente, para los aceites de girasol y soya RBD (tablas 10 y 11).

Se caracterizaron las muestras concernientes a los cuatro tratamientos encontrándose una extensa lista de compuestos resultantes de las diferentes reacciones de oxidación generadas durante los ensayos, se resaltan los compuestos de oxidación secundaria; carbonílicos formados por ácidos insaturados por reacción con 12 moles de  $\text{O}_2$  expresados en ppm, siendo los más relevantes el pentanal, hexanal, heptanal, 2-t-heptenal, octanal, 1-octen-3-ona, 2-c-octenal, 2-t-octenal, 3-c-nonenal, 3-t-nonenal, 2-t-nonenal, t-2-decadienal, derivados del ácido linoleico (figuras 1 y 2).

En cuanto al ácido linolénico, presente en mayor concentración en el aceite de soya, los compuestos relevantes caracterizados fueron: propanal, 1-penten-3-ona, 2-t-butenal, 2-t-pentenal, 2-c-pentanal, 2-t-hexenal, 3-t-hexenal, 3-c-hexenal, 2-t-heptenal, 2-t,4-t-heptadienal.

La presencia de compuestos orgánicos heptano, octanal, nonanal, decanal, 2-t-decenal, 2-t-undecenal, están relacionados con la formación de ácidos grasos insaturados por reacción con 12 moles de O<sub>2</sub>, expresados en ppm y son derivados del ácido oleico los cuales también fueron caracterizados en este estudio. Además, se caracterizaron al etano como principal hidrocarburo de oxidación del ácido linolénico y al pentano, hexano, heptano para el ácido linoleico.

Existen diferentes escenarios de oxidación, según el tipo de la misma auto-oxidación, foto-oxidación y termo-oxidación, para este estudio los resultados obtenidos están en función del último mencionado, los ensayos de degradación oxidativa se realizaron de forma acelerada a 110 °C, otros escenarios de oxidación son posibles, sin embargo la literatura técnica aún no ha mostrado mecanismos detallados que expliquen la transformación de un peróxido cíclico o hidroperóxido en subproductos específicos dependiendo de tal o cual factor de los muchos que pueden influir en las reacciones de degradación oxidativa.

Debido a lo mencionado cualquiera que sea la situación lo único concreto es que los subproductos finales de descomposición de peróxidos serán aldehídos, cetonas, alcoholes e hidrocarburos y que esta transformación ocurre principalmente cuando los aceites son sometidos a calentamiento prolongado, evidenciado por varios autores Vicente-Murillo et al. (2017).

Esto puede explicar el comportamiento de los resultados observados, la concentración del pentanal se incrementa de manera significativa a partir de la conductividad 20 µS/cm en ambos aceites girasol y soya (tablas 9 y 10), éste mismo escenario ocurre con el etano, pentano, propanal, 2-Butenal, 1-Penten-3-ol, hexanal, t-2-heptenal, t-2-heptenal, t-2-octenal, 2,4-t,t-heptadienal y t,t-2,4-decadienal. A 110°C temperatura utilizada para los ensayos de estabilidad

oxidativa acelerada se observó con claridad la degradación causada al incrementar las conductividades, esta degradación es congruente con lo publicado por García-Moreno (2013).

Además indican que el efecto de las condiciones experimentales del Rancimat haciendo énfasis en las temperaturas aceleradas dan paso a la degradación de matrices oleosas por la descomposición de hidroperóxidos en lípidos, convirtiéndose estos en productos de oxidación secundaria como los mencionados anteriormente, los compuestos orgánicos volátiles, siendo más evidentes en los umbrales más elevados de conductividades registradas en el Rancimat.

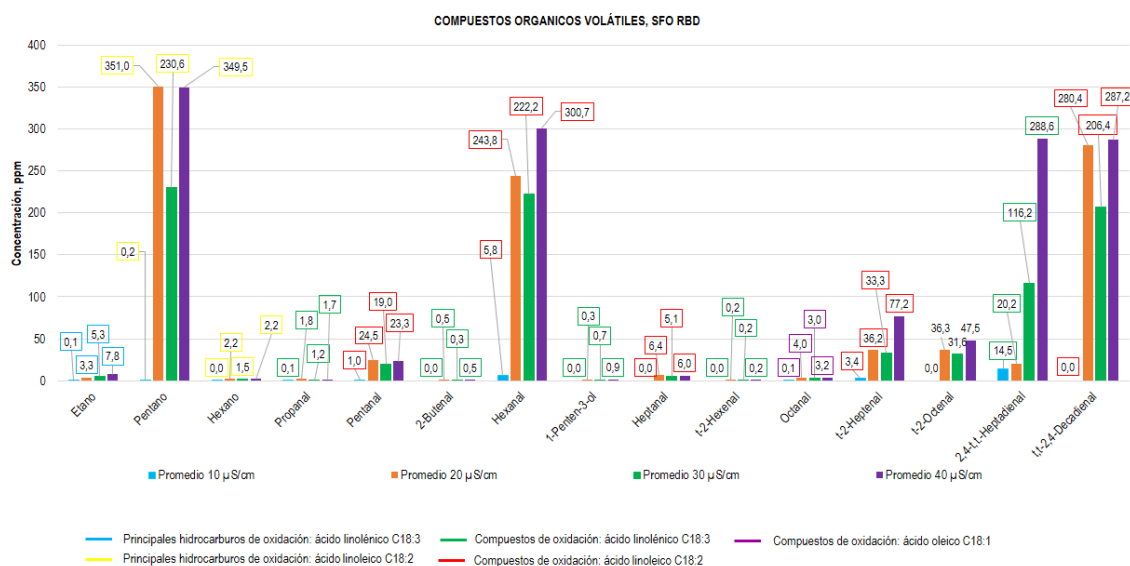
Este hallazgo también fue reportado por Almeida et al., (2019) cuyos resultados obtenidos en su investigación evidencian el deterioro oxidativo registrado por el incremento de valores de conductividad debido a la presencia de compuestos orgánicos volátiles provocados por un aumento en la intensidad de reacciones oxidativas debido a la acción de temperaturas elevadas (110°C) en los ensayos realizados en Rancimat (Anexo N°8).

**Tabla 10.** Compuestos Orgánicos Volátiles de Aceite de Girasol RBD (SFO)

<b>MONITOREO DE OXIDACIÓN ACELERADA EN RANCIMAT DE ACEITE DE GIRASOL A 110°C</b>					
<b>COMPUESTO ORGÁNICO VOLÁTIL, VOC</b>	<b>CONCENTRACIÓN, ppm</b>				
	<b>INICIAL</b>	<b>Promedio 10 <math>\mu</math>S/cm</b>	<b>Promedio 20 <math>\mu</math>S/cm</b>	<b>Promedio 30 <math>\mu</math>S/cm</b>	<b>Promedio 40 <math>\mu</math>S/cm</b>
Etano	n/d	0,12	3,33	5,31	7,77
Pentano	0,05	0,21	351,01	230,57	349,53
Propanal	0,07	0,10	1,82	1,18	1,66
Pentanal	n/d	1,03	24,47	18,99	23,33
2-Butenal	0,00	n/d	0,47	0,26	0,47
Hexanal	1,33	5,80	243,81	222,15	300,68
1-Penten-3-ol	n/d	n/d	0,34	0,71	0,87
Heptanal	n/d	n/d	6,41	5,11	5,97
t-2-Hexenal	n/d	n/d	0,19	0,21	0,20
Octanal	0,05	0,15	3,98	2,99	3,15
t-2-Heptenal	1,40	3,43	36,18	33,30	77,17
t-2-Octenal	n/d	n/d	36,34	31,58	47,45
2,4-t,t-Heptadienal	n/d	14,49	20,16	116,18	288,58
t,t-2,4-Decadienal	n/d	n/d	280,44	206,42	287,25
<b>TOTAL</b>	<b>4,56</b>	<b>40,32</b>	<b>1384,16</b>	<b>1316,90</b>	<b>2050,39</b>

Nota. n/d: no detectado.

Figura 1. Principales Compuestos e Hidrocarburos de Oxidación de Aceite de Girasol RBD (SFO)



Nota: este gráfico presenta los principales compuestos e hidrocarburos de oxidación de acuerdo al tipo de ácido graso: Linolénico C18:3, Linoleico C18:2 y Oleico C18:1

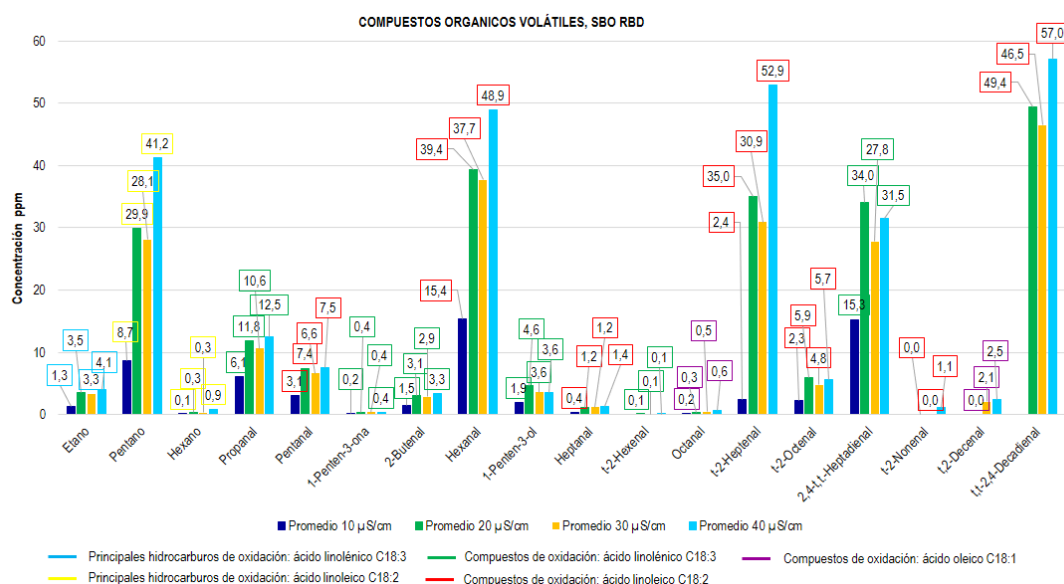
Tabla 11. Compuestos Orgánicos Volátiles de Aceite de Soya RBD (SBO)

MONITOREO DE OXIDACIÓN ACELERADA EN RANCIMAT DE ACEITE DE SOYA A 110°C					
COMPUESTO ORGÁNICO VOLÁTIL, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm				
	INICIAL	Promedio 10 µS/cm	Promedio 20 µS/cm	Promedio 30 µS/cm	Promedio 40 µS/cm
Etano	n/d	1,30	3,49	3,31	4,07
Pentano	0,04	8,67	29,90	28,08	41,17
Hexano	0,02	0,08	0,28	0,32	0,88
Propanal	0,41	6,08	11,83	10,58	12,54
Pentanal	n/d	3,06	7,44	6,61	7,55
1-Penten-3-ona	n/d	0,24	0,40	0,38	0,38
2-Butenal	n/d	1,45	3,13	2,89	3,34
Hexanal	1,12	15,36	39,40	37,68	48,95
1-Penten-3-ol	n/d	1,91	4,62	3,56	3,58
Heptanal	0,08	0,37	1,16	1,17	1,38
t-2-Hexenal	n/d	n/d	0,07	0,08	0,08
Octanal	0,05	0,22	0,29	0,47	0,62
t-2-Heptenal	0,84	2,44	35,04	30,87	52,89
t-2-Octenal	0,02	2,26	5,88	4,75	5,66
2,4-t,t-Heptadienal	n/d	15,28	33,98	27,78	31,49
t-2-Nonenal	n/d	n/d	n/d	n/d	1,10
t,2-Decenal	n/d	n/d	n/d	2,08	2,46
t,t-2,4-Decadienal	n/d	n/d	49,44	46,48	57,04
<b>TOTAL</b>	<b>4,70</b>	<b>92,68</b>	<b>321,60</b>	<b>300,21</b>	<b>393,54</b>

Nota. n/d: no detectado.



**Figura 2.** Principales Compuestos e Hidrocarburos de Oxidación de Aceite de Soya RBD (SBO)



*Nota: este gráfico presenta los principales compuestos e hidrocarburos de oxidación de acuerdo al tipo de ácido graso: Linolénico C18:3, Linoleico C18:2 y Oleico C18:1*

## • REGRESIÓN LINEAL PARA COMPUESTOS VOLÁTILES

Considerando los análisis de regresión lineal simple entre los compuestos volátiles generados por la aceleración oxidativa de los tipos de aceites SFO y SBO, en el resumen de resultados, se puede observar que el aceite de girasol presentó valores más ajustados de R<sup>2</sup> (tabla 12), a pesar de que el aceite de soya muestra un valor de R<sup>2</sup> aceptable, esto debido a que entre los factores principales que inciden en la vida útil de los productos oleaginosos, está su composición química. La estructura química de los aceites de girasol y soya son diferentes por lo tanto los compuestos volátiles que se generen van a diferir en su composición Talbot (2016).

La norma para aceites vegetales especificada en el Codex Alimentarius, N°: "Codex Stan 210-1999" indica que los valores de ácido graso linolénico oscilan entre 0,0 - 0,3 para el aceite de girasol y 4,5 - 11,0 para la soya, los resultados obtenidos del perfil de ácidos grasos de las unidades experimentales dieron un porcentaje 0,00 y 5,7 para los aceites de girasol y soya respectivamente (tabla 7), evidenciando lo descrito por la norma y en concordancia con lo explicado por Talbot (2016) al tener la soya presencia significativa del ácido graso linolénico en

comparación con el aceite de girasol se constituye más susceptible a la degradación oxidativa y por ende sus rutas de oxidación la diferencian causando un  $R^2$  menos ajustado que en el aceite de girasol.

**Tabla 12.**  $R^2$  de la concentración de compuestos volátiles en aceite de girasol y soya RBD

CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES ppm			
BLOQUES* RÉPLICAS	CONSTANTE	INTERCEPTO	$R^2$
b1* r1	59,539	-293,1	0,8411
b1* r2	59,689	-293,05	0,84
b1* r3	59,654	-291,97	0,8397
b2* r1	8,5052	62,673	0,7298
b2* r2	8,9446	53,08	0,7923
b2* r3	8,9722	54,392	0,7978

*Nota: b1 corresponde al aceite de girasol RBD, b2 corresponde al aceite de soya RBD, r1, r2, r3 corresponde al número de repeticiones.*

La caracterización química de los tratamientos en función de los compuestos orgánicos volátiles (tablas 10 y 11), indican las concentraciones de estos compuestos en cada tipo de aceite y por esta razón los diferentes niveles de degradación oxidativa, para obtener un panorama más amplio del estado actual de oxidación de los tratamientos se muestran los resultados de los índices de peróxido y coeficientes de extinción (Anexo N°5 y 6) según Anwar Farooq et al. (2016) estos análisis son útiles para mostrar un panorama más amplio de la calidad de los aceites.

Sin embargo, Manzocco (2016) dice que no hay un consenso global en la calidad general de los aceites y que los parámetros quedan a discreción de los estándares establecidos por cada industria.

### • ÍNDICES DE PERÓXIDOS (PV) Y COEFICIENTES DE EXTINCIÓN

Los niveles de oxidación primaria indicada por el índice de peróxidos, se describen en la tabla 13, donde se detallan los niveles caracterizados para cada tratamiento y su estado inicial, la evolución del valor de peróxido indica que las temperaturas elevadas potencian la formación de moléculas de peroxidación lipídica según, Almeida et al. (2019) y es lo que se observó en los resultados para ambos aceites al contrastar con las concentraciones elevadas de compuestos

orgánicos volátiles y el valor de peróxido disparado a partir del T2 para los dos aceites utilizados en esta investigación.

**Tabla 13.** Resultados de Índices de Peróxidos de Aceite SFO RBD y SBO RBD

Conductividad, $\mu\text{S/cm}$	Aceite de Girasol RBD (SFO) Índice de peróxidos, meq $\text{O}_2/\text{kg}$	Aceite de Soya RBD (SBO) Índice de peróxidos, meq $\text{O}_2/\text{kg}$
Inicial	0,2	0,2
T1 (10)	19,0	17,5
T2 (20)	301,1	118,4
T3 (30)	366,1	130,4
T4 (40)	429,9	223,2

Debido a lo expuesto anteriormente en ambos aceites existe una diferencia marcada entre el tratamiento de menor nivel de exposición a la oxidación acelerada T1 y los siguientes niveles, relacionándose con los resultados obtenidos en los análisis de coeficientes de extinción K232 (tabla 14).

Donde también se observan esas diferencias y se relacionan estrechamente con el análisis estadístico de los compuestos orgánicos volátiles y la correlación de este con los niveles de aceptación del panel sensorial en donde el tratamiento 1 conductividad de 10  $\mu\text{S/cm}$  difiere de los demás tratamientos (tabla 20) y es precisamente debido a que en esta etapa la oxidación es leve, no se han generado compuestos volátiles en toda su expresión (tablas 10 y 11), estos son característicos de la oxidación secundaria por lo tanto tampoco se obtuvieron cambios notables en el aspecto sensorial y la aceptación fue evidente (Anexo N°4).

Los coeficientes de extinción K270 explican relativamente los niveles de oxidación secundaria en donde los compuestos orgánicos volátiles si son característicos, pero en función de la composición química de los aceites, como se observa en la tabla 14. Los niveles de K270, incrementan en función del aumento de la conductividad por la generación de concentraciones más elevadas de compuestos de oxidación secundaria expresadas en volátiles.

**Tabla 14.** Resultados de Coeficientes de Extinción de Aceite SFO RBD y SBO RBD

Conductividad, $\mu\text{S/cm}$	Coeficientes de Extinción SFO RBD		Coeficientes de Extinción SBO RBD	
	K232	K270	K232	K270
Inicial	3,7	1,9	5,0	2,8
T1 (10)	4,9	2,6	4,0	1,4
T2 (20)	6,8	0,4	7,8	1,5
T3 (30)	6,5	0,5	8,0	1,6
T4 (40)	8,2	2,6	8,0	1,6

La evaluación de la vida útil de los alimentos sometidos a oxidación ha representado un desafío para los científicos e industria alimentaria, sin embargo, los modelos predictivos para productos que sufren reacciones oxidativas podrían ser una tarea ardua debido a la gran cantidad de factores que afectan la velocidad de oxidación, los resultados obtenidos por un panel de expertos podrían no estar relacionados con la decisión del consumidor, no se debe centrar en las propiedades del producto sometido a oxidación sino en la actitud del consumidor para aceptarlo o rechazarlo de acuerdo a lo descrito por Manzocco (2016).

Lo descrito por el autor explica los resultados obtenidos en esta investigación. Estos tienen la finalidad de ser un aporte al desafío mencionado frente a la subjetividad existente en la determinación de la vida útil de aceites y grasas.

### • LÍMITE DE ACEPTACIÓN SENSORIAL

Se realizó la prueba sensorial no paramétrica de Kruskal Wallis para tratamientos según la aceptabilidad de los panelistas con respecto al tipo de aceite sometido a aceleración oxidativa, el p-valor  $<0,05$  indica diferencia significativa entre tratamientos.

Según Syed (2016) todos los aceites y grasas se oxidan durante el almacenamiento, estas tasas de oxidación se atribuyen principalmente a factores inherentes, como el perfil de ácidos grasos, tiempos, temperaturas, tipos de almacenamiento.

Lo expresado por este autor explica la diferencia significativa, los tratamientos presentan diferencias en las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles

según su conductividad (tablas 10 y 11), sus concentraciones a su vez dependen del tipo de aceite debido a la diferencia en su perfil de ácidos grasos y los tiempos prolongados en los ensayos para la aceleración de la oxidación (Anexo N°9).

### • CORRELACIÓN ENTRE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES Y ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó la prueba de normalidad Shapiro Will y la de homogeneidad de Levene indicando ambas que los supuestos del ANOVA no se cumplieron (Tabla 15 y 16), por esta razón se procedió a realizar una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, en esta prueba no se evidencia normalidad  $p < 0.05$ .

**Tabla 15.** Resultados de Prueba de Normalidad Shapiro Will

Variable	Tratamiento	Pruebas de normalidad		
		Estadístico	gl	Sig.
Concentración de compuestos volátiles en ppm	T1 10 $\mu\text{S/cm}$	0,69	6	0,005
	T2 20 $\mu\text{S/cm}$	0,69	6	0,005
	T3 30 $\mu\text{S/cm}$	0,69	6	0,005
	T4 40 $\mu\text{S/cm}$	0,69	6	0,004

**Tabla 16.** Resultados de Prueba de Homogeneidad de Levene

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de compuestos volátiles en ppm	Se basa en la media	32653,72	3	20	0,000
	Se basa en la mediana	25524,046	3	20	0,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	25524,046	3	10,454	0,000
	Se basa en la media recortada	32525,947	3	20	0,000

La prueba de Kruskal Wallis de muestras independientes indica que el tratamiento 1 conductividad de 10  $\mu\text{S/cm}$  difiere de los demás tratamientos (tabla 17 y 18), según lo manifestado por Nogueira, Scolaro, Milne y Castro (2018) sostienen que la oxidación leve puede ocurrir en etapas muy tempranas del aceite, sin promover cambios notables en los aspectos sensoriales de los aceites.

**Tabla 17.** Prueba No Paramétrica de Kruskal Wallis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de concentración de compuestos volátiles ppm es la misma entre las categorías de Tratamientos_conductividad.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,002	Rechazar la hipótesis nula

*Nota: La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la concentración de compuestos volátiles ppm p valor <0,05*

**Tabla 18.** Subconjuntos Homogéneos

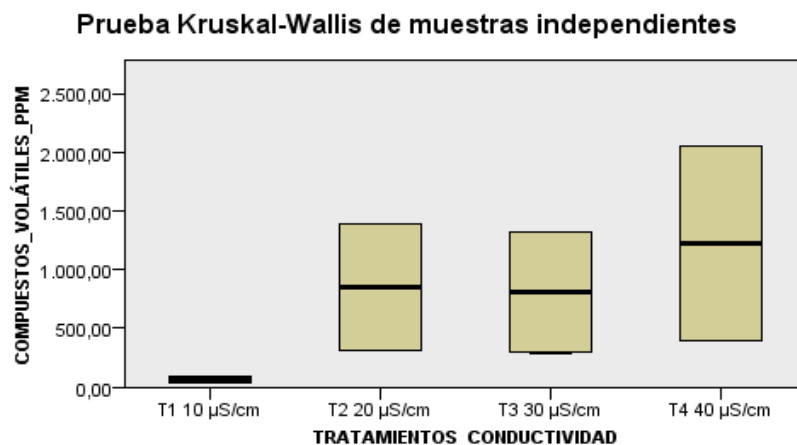
		Subconjunto	
		1	2
<b>Muestra<sup>1</sup></b>	T1 10 $\mu$ S/cm	3,500	
	T3 30 $\mu$ S/cm		12,500
	T2 20 $\mu$ S/cm		15,500
	T4 40 $\mu$ S/cm		18,500
<b>Prueba estadística</b>		2	3,789
<b>Sig. (Prueba de 2 caras)</b>			0,15
<b>Sig. ajustada (Prueba de 2 caras)</b>			0,15

*Nota: Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05*

Koontz (2016) indica que los primeros productos de la oxidación de lípidos son los hidroperóxidos, siendo estos insípidos e inodoros y, por lo tanto, no afectan significativamente la calidad sensorial del aceite dado que algunos de estos compuestos tienen un valor umbral muy bajo para el olor y sabor.

En este contexto, debe tenerse en cuenta que la medición de un parámetro es una cosa, mientras que la interpretación y la utilidad de ese parámetro para describir la situación real es otra. Los resultados obtenidos mostraron que el análisis sensorial se correlaciona con la concentración de los compuestos volátiles.

**Figura 3.** Prueba No Paramétrica de Kruskal Wallis de Muestras Independientes en Compuestos Orgánicos Volátiles



<b>N total</b>	24
<b>Probar estadística</b>	15,120
<b>Grados de libertad</b>	3
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>	,002

Se identificó al T1 para ambos aceites como el tratamiento más aceptable calificado por los 80 panelistas. Para esta prueba se tomó como aceptable las respuestas iguales o superiores al 70 %.

Cabe indicar que el tratamiento 4 mostró aceptabilidad a pesar de ser el tratamiento de máxima exposición oxidativa de los aceites (figura 4), prueba no paramétrica de Kruskal Wallis de muestras independientes en el porcentaje de aceptabilidad sensorial (tabla 19), concerniente a la prueba de subconjuntos homogéneos.

Syed (2016) explica que cuando se trata de aceite de cocina para uso doméstico, los consumidores tienen diferentes niveles de tolerancia involucrando demasiada subjetividad en la determinación de la vida útil. Mientras que Yang y Boyle (2016) determinan que la definición de indicadores oxidativos y la elección del límite de aceptabilidad, así como las posibles metodologías para las pruebas de vida útil son esenciales para aportar información más referencial acerca de esta predicción.

Sin embargo, Reinoso (2016) manifiesta que los humanos son muy sensibles al gusto y al olfato. Los atributos sensoriales no solo dependen de los informes del panel, sino que también están influenciados por factores externos además se constituye difícil lograr que catadores accedan a evaluar sensorialmente aceites con elevados niveles de oxidación por lo tanto este tipo de estudio no es muy común.

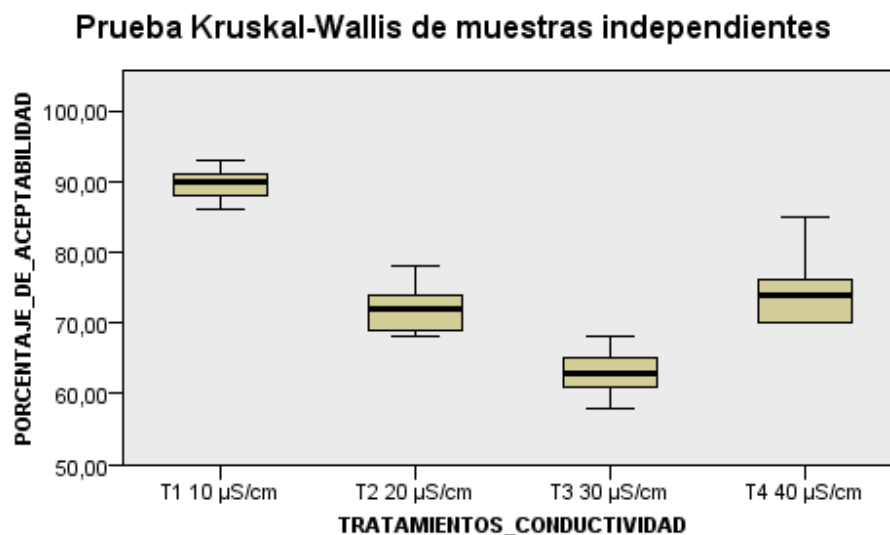
Lo observado en los resultados describe lo manifestado por los autores, las diferencias entre el tratamiento 1 y 4 químicamente por los compuestos de oxidación generados y sus concentraciones son considerables, pero sensorialmente el panorama cambia explicando la subjetividad que se genera dependiendo del umbral de aceptación de cada consumidor, contrario a lo manifestado por Reinoso (2016) en este estudio el tratamiento del nivel más elevado de oxidación mostró aceptabilidad.

Min Hu, Charlotte y Jacobsen (2016) denotan que los aceites vegetales RBD (refinado, blanqueado y desodorizado) se presentan en un escenario ambiguo respecto a los criterios de parámetros de calidad que se encuentran dentro de una especificación, el PV (valor de peróxido) es un parámetro de calidad para liberar aceites RBD, este no debe ser mayor a 1,0 meq O<sub>2</sub>/kg.

Este parámetro puede ser crítico o insignificante dependiendo de la aplicación que el aceite tendrá. Por esta razón Syed (2016) (como se citó por Li *et al.*, 2013) indica que no existe consenso entre la calidad global y organismos reguladores por la falta de datos científicos que evidencian que un PV de 12 meq O<sub>2</sub>/kg de aceite deba considerarse el final de la vida útil de todos los aceites comestibles en distintas aplicaciones, para esto se realizaron análisis complementarios para determinar el estado actual de cada unidad experimental y sus tratamientos (tablas 13 y 14).



**Figura 4.** Prueba No Paramétrica de Kruskal Wallis de Muestras Independientes en el Porcentaje de Aceptabilidad Sensorial



**Tabla 19.** Prueba para la variable de aceptabilidad

		Subconjunto		
		1	2	3
<b>Muestra<sup>1</sup></b>	T3 30 µS/cm	3,583		
	T2 20 µS/cm		11,417	
	T4 40 µS/cm		13,5	
	T1 10 µS/cm			21,5
<b>Prueba estadística</b>		2	0,971	2
<b>Sig. (Prueba de 2 caras)</b>			0,325	
<b>Sig. ajustada (Prueba de 2 caras)</b>			0,544	

Nota: Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05

# CAPÍTULO V.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización de las unidades experimentales en Rancimat a 110°C que determinaron los niveles de oxidación registrados en las conductividades 10, 20, 30 y 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  estos niveles de oxidación indicaron una predicción de vida útil de 10,5 horas equivalentes a 7,5 meses para el aceite de girasol y 7,5 horas estimando una vida útil de 5,3 meses para el aceite de soya. La estabilidad oxidativa evidenciada es atribuible a las diferencias en su composición de ácidos grasos.
- La insaturación del aceite de girasol y la poliinsaturación del aceite de soya evidenciaron una marcada diferencia en la concentración de compuestos orgánicos volátiles debido a sus diferentes composiciones químicas.
- Se evidenció que las bondades de los aceites insaturados y poliinsaturados (girasol y soya para esta investigación) disminuyen relativamente al presentarse en escenarios que involucren temperaturas elevadas, demostrándose altamente susceptibles a la oxidación.
- Se determinó el umbral de aceptación sensorial del aceite girasol y soya RBD siendo el tratamiento 1 (conductividad 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) el más aceptado y el tratamiento 4 (conductividad 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) el de mayor nivel de oxidación aceptado por un porcentaje importante de catadores no entrenados.
- Los resultados demostraron indicios claros de la subjetividad existente para realizar la determinación de vida útil en matrices oleaginosas, sin embargo se logró determinar el límite de aceptación sensorial del grupo de consumidores involucrados en esta investigación, mostrando un escenario más cercano a la realidad, logrando determinar el umbral de aceptación indiferentemente de las

elevadas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles generados en los tratamientos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Analizar otras condiciones de ensayos acelerados que permitan obtener otras rutas de degradación oxidativa que demuestren nuevos hallazgos en la concentración de compuestos orgánicos volátiles.
- Utilizar un embudo de captación de volátiles acoplado en Rancimat para realizar la determinación de los compuestos de oxidación en tiempo real.
- Replicar la metodología de esta investigación con un panel de catadores entrenados para obtener descriptivos de los diferentes niveles de oxidación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Akkaya (2018) “*Fatty acid compositions of sunflowers (Helianthus annuus L.) grown in east Mediterranean region*”. *Revista Italiana Delle Sostanze Grasse*.XCV.239-247.  
[https://www.innovhub.com/c/document\\_library/get\\_file?uuid=fc1f9212-5f34-4e4a-bd9c-0e1d7506206c&groupId=10157](https://www.innovhub.com/c/document_library/get_file?uuid=fc1f9212-5f34-4e4a-bd9c-0e1d7506206c&groupId=10157)
- Alberdi-Cedeño, J., Ibargoitia, M.L., Guillén, M.D. (2019) “*Monitoring of minor compounds in corn oil oxidation by Direct Immersion-Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography/Mass Spectrometry*”. *New oil oxidation markers, Food Chemistry*
- Alemayhu, A. (2019). “*Shelf-life prediction of edible cotton, peanut and soybean seed oils using an empirical model based on standard quality tests*”. doi: [org/10.1080/23311932.2019.1622482](https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1622482)
- Almeida, D. T. de, Viana, T. V., Costa, M. M., Silva, C. de S., & Feitosa, S. (2019). Effects of different storage conditions on the oxidative stability of crude and refined palm oil, olein and stearin (*Elaeis guineensis*). *Food Science and Technology*, 39(suppl 1), 211-217. <https://doi.org/10.1590/fst.43317>
- Anwar, Farooq, Ghulam Mustafa Kamal, Farooq Nadeem, y Ghulam Shabir. 2016. “*Variations of Quality Characteristics among Oils of Different Soybean Varieties*”. *Journal of King Saud University - Science* 28 (4): 332–38. doi: [org/10.1016/j.jksus.2015.10.001](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.10.001).
- AOF Australian Oilseeds Federation Incorporates, July 2012. “*Quality-Standards Technical Information & Typical Analysis*” <https://www.nvtonline.com.au/wp-content/uploads/2013/03/Crop-Guide-Canola-AOF-Quality-Standards-2012-2013.pdf>
- Barbut, S., Marangoni, A. G., Thode, U. y Tiensa, B. E. (2019). “*Using Canola Oil Organogels as Fat Replacement in Liver Pâté*”. *Journal of Food Science*, 1750-3841.14753. doi: [org/10.1111/1750-3841.14753](https://doi.org/10.1111/1750-3841.14753).
- Codex Alimentarius CXS\_019s (2015). *Norma para aceites vegetales especificados*, adoptada en 1990. Enmienda: 2005, 2011 y 2015. Revisión: 2001, 2003 y 2009. doi: [org/10.1016/j.foodchem.2019.04.001](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.001).
- Endo, Y. (2018). *Analytical Methods to Evaluate the Quality of Edible Fats and Oils: The JOCS Standard Methods for Analysis of Fats, Oils and Related Materials* (2013) and Advanced Methods. *J. Oleo Sci.*, 10. doi: [10.5650/jos.ess17130](https://doi.org/10.5650/jos.ess17130).

- Freire, W. B., Guerrón, P. B., Jiménez, E., Román, D. y Burgos, E (2018). *Lista de Alimentos, Preparaciones y Bebidas que se Consumen en el Ecuador*, según la Clasificación NOVA 2017. 126.
- García-Moreno, P. J., Pérez-Gálvez, R., Guadix, A., & Guadix, E. M. (2013). *Influence of the parameters of the Rancimat test on the determination of the oxidative stability index of cod liver oil*. *LWT - Food Science and Technology*, 51(1), 303–308. doi:10.1016/j.lwt.2012.11.002
- Gerhardt, N., Schwolow, S., Rohn, S., Ruiz Pérez-Cacho, P., Galán-Soldevilla, H., Arce, L., y Weller, P. (2018). *Quality assessment of olive oils based on temperature-ramped HS-GC-IMS and sensory evaluation: Comparison of different processing approaches by LDA, kNN, and SVM*. *Food Chemistry*. doi:10.1016/j.foodchem.2018.11.095.
- Ghosh, M., Upadhyay, R., Mahato, D.K., Mishra, H.N (2018) *Kinetics of lipid oxidation in omega fatty acids rich blends of sunflower and sesame oils using Rancimat*, *Food Chemistry*. doi: org/10.1016/j.foodchem.2018.08.072.
- Huyan, Z. (2019). *Effects of packaging materials on oxidative product formation in vegetable oils\_ Hydroperoxides and volatiles*. *Food Packaging and Shelf Life*, 8. doi: org/10.1016/j.fpsl.2019.100328.
- Koontz, J. L. (2016). Chapter 13. *Packaging Technologies to Control Lipid Oxidation*. 39. *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats*, 479-517. doi: org/10.1016/b978-163067-056-6.00013-6.
- Lama-Muñoz, A., Rubio-Senent, F., Bermúdez-Oria, A., Fernández-Prior, Á., Fernández-Bolaños, J., y Rodríguez-Gutiérrez, G. (2018). *Synergistic effect of 3,4-dihydroxyphenylglycol with hydroxytyrosol and  $\alpha$ -tocopherol on the Rancimat oxidative stability of vegetable oils*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. doi:10.1016/j.ifset.2018.08.001.
- Lambros, M. M. M. (2019). *Aceptación del sabor de un snack saludable adicionado con harina de soya utilizando la prueba de umbral de detección*. doi: 10.24054/01204211.v1.n1.2019.3496
- López-Beceiro, Jorge, Ramón Artiaga, Carlos Gracia, Javier Tarrío-Saavedra, Salvador Naya, y José Luis Mier. 2011. "Comparison of Olive, Corn, Soybean and Sunflower Oils by PDSC". *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 104 (1): 169–75. doi: org/10.1007/s10973-010-1165-2.

- Loukou, A. L., Agbo, A. E., Traore, S., Zoro, B. I. A., Lognay, G., y Brou, K. (2019). *Effect of cooking and extraction method on oleaginous cucurbit seed oils quality*. African Crop Science Journal, 27(1), 77. Doi: org/10.4314/acsj.v27i1.6
- Malvis, A., Šimon, P., Dubaj, T., Sládková, A., Ház, A., Jablonský, M. Šurina, I. (2019). *Determination of the Thermal Oxidation Stability and the Kinetic Parameters of Commercial Extra Virgin Olive Oils from Different Varieties*. Journal of Chemistry, 2019, 1-8. doi: org/10.1155/2019/4567973.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Anese, M., y Nicoli, M. C. (2016). *Determination and Prediction of Shelf Life of Oils/Fats and Oil/Fat-Based Foods*. En *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats* (pp. 133–156). doi: org/10.1016/B978-1-63067-056-6.00002-1.
- Min Hu, Charlotte y Jacobsen (2016). *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats*. Recuperado de la web: <https://books.apple.com/us/book/oxidative-stability-shelf-life-foods-containing-oils/id1042472469>.
- Mohanan, A., Nickerson, M. T., & Ghosh, S. (2018). *Oxidative stability of flaxseed oil: Effect of hydrophilic, hydrophobic and intermediate polarity antioxidants*. Food Chemistry, 266, 524–533. doi:10.1016/j.foodchem.2018.05.117
- Nogueira, M.S., Scolaro, B., Milne, G.L., Castro, I.A. (2018). *Oxidation products from omega-3 and omega-6 fatty acids during a simulated shelf life of edible oils*, LWT-Food Science and Technology. doi: org/10.1016/j.lwt.2018.11.044.
- Reinoso, Zain Sanchez. 2016. *“Evaluación de Propiedades Fisicoquímicas, Morfológicas y Sensoriales de Microencapsulados de Cacao Obtenidos por Spray Drying”*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56654>
- Rizzo, V., Lombardo, S., Pandino, G., Barbagallo, R. N., Mazzaglia, A., Restuccia, C., ... Muratore, G. (2019). *Shelf- life study of ready- to- cook slices of globe artichoke ‘Spinoso sardo’: Effects of anti- browning solutions and edible coating enriched with Foeniculum vulgare essential oil*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(11), 5219-5228. doi: org/10.1002/jsfa.9775.
- Salaverry C. (2017). *Evaluación del Rendimiento Industrial, Calidad Fisicoquímica y Sensorial del aceite de Oliva Extra Virgen de Cuatro Variedades de Olivo*. Recuperado en:

[http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3102/1080\\_2017\\_salaverry\\_copaja\\_cc\\_fcag\\_alimentarias.pdf?sequence=1&isAllowed](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3102/1080_2017_salaverry_copaja_cc_fcag_alimentarias.pdf?sequence=1&isAllowed).

- Samotyja, U. (2015). *Consumer acceptability studies in shelf-life estimation of rapeseed and sunflower oils*. *Acta Alimentaria*, 44(1), 60-67. doi: org/10.1556/AAlim.44.2015.1.5.
- Sultan, S. M., Dikshit, N., y Vaidya, U. J. (2015). *Oil content and fatty acid composition of soybean (Glycine max L.) genotypes evaluated under rainfed conditions of Kashmir Himalayas in India*. 6. doi: 10.31018/jans.v7i2.706.
- Syed, A. (2016). *Oxidative Stability and Shelf Life of Vegetable Oils*. En *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats* (pp. 187-207). doi: org/10.1016/B978-1-63067-056-6.00004-5.
- Talbot, G. (2016). *The Stability and Shelf Life of Fats and Oils*. *The Stability and Shelf Life of Food*, 461–503. doi:10.1016/b978-0-08-100435-7.00016-2.
- Tamilalagan, A., y Singaram, J. (2018). *Oxidation stability of yeast biodiesel using Rancimat analysis: validation using infrared spectroscopy and gas chromatography–mass spectrometry*. *Environmental Science and Pollution Research*.doi:10.1007/s11356-018-3619-1.
- Tarancón, P., Salvador, A., Sanz, T., Fiszman, S., y Tárrega, A. (2015). *Use of healthier fats in biscuits (olive and sunflower oil): changing sensory features and their relation with consumers' liking*. *Food Research International*, 69, 91–96. doi:10.1016/j.foodres.2014.12.013.
- Uzun, H., y Ibanoglu, E. (2018). *Oxidation kinetics of hazelnut oil treated with ozone*. *Grasas y Aceites*, 68(4), 222. doi: org/10.3989/gya.0664171.
- Vicente-Murillo, Roxana, David Marrero-Delange, y Eduardo A. Rodríguez-Leyes. s/f. “*Determinación de compuestos volátiles en el aceite de Roystonea regia sometido a degradación forzada*”. 48(1):8. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, vol. 48, núm. 1, 2017, pp. 83-89 Centro Nacional de Investigaciones Científicas La Habana, Cuba. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181654080003>
- Yang, X., y Boyle, R. A. (2016). *Sensory Evaluation of Oils/Fats and Oil/Fat-Based Foods*. En *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats* (pp. 157–185). doi: org/10.1016/B978-1-63067-056-6.00003-3.

Zhang, Q., Wan, C., Wang, C., Chen, H., Liu, Y., Li, S., Lin, D., Wu, D., Qin, W., (2017). *Evaluation of the non-aldehyde volatile compounds formed during deep-fat frying process*, Food Chemistry, doi: org/10.1016/j.foodchem.2017.09.1

Zhang, Z., Gao, W., Yun, B., Lu, X., Chen, S., y Gu, X. (2019). *Wax Inhibitor Screening by Differential Scanning Calorimeter for High Wax Content Crude Oil*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 300, 032004. doi: org/10.1088/1755-1315/300/3/032004.



# **ANEXOS**

## ANEXO N° 1: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD OXIDATIVA ACEITE DE GIRASOL Y SOYA RBD

### ACEITE GIRASOL RBD (SFO)

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



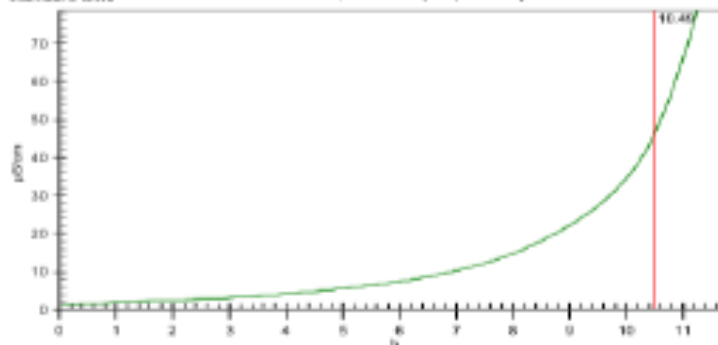
#### ESTABILIDAD OXIDATIVA "RANCIMAT"

MÉTODO : AOCS Cd 12b-92, ISO 6886 y EN14112  
 MODELO : MODELO 873  
 MARCA : METROHM  
 EQUIPO : RANCIMAT  
 PRODUCTO : ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO)  
 TEMPERATURA : 110°C  
 FECHA : Agosto del 2020

PRODUCTO	RESULTADO DE ESTABILIDAD OXIDATIVA, 110°C	ALMACENAMIENTO	ESTAB.	ESTAB.	ESTAB.
	(Horas)	(°C)	(Horas)	(Días)	(Mes)
ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO)	10.49	20	10741.8	448	14.9
	10.49	30	5370.9	224	7.5

#### ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO)

Induction time 10.49 h  
 Stability time 0.00 h      Delta Kappa 0 µBom  
 Standard time 10.49 h      (F: 2; T: 110°C)



#### OBSERVACIONES:

ACEITE DE GIRASOL RBD a 20 °C vida útil de 14,9 meses  
 ACEITE DE GIRASOL RBD a 30 °C vida útil de 7,5 meses

LA FABRIL S.A.  
  
 Iván Zambrano Huerta  
 Ing. Instrumental I+D+i A&G

## ACEITE GIRASOL RBD (SBO)

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



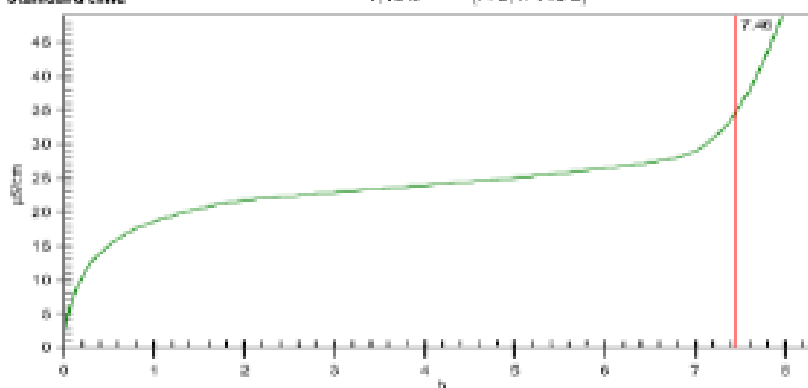
### ESTABILIDAD OXIDATIVA "RANCIMAT"

MÉTODO : AOCS Cd 12b-92, ISO 6886 y EN14112  
MODELO : MODELO 873  
MARCA : METROHM  
EQUIPO : RANCIMAT  
PRODUCTO : ACEITE DE SOYA RBD (SBO)  
TEMPERATURA : 110°C  
FECHA : Agosto del 2020

PRODUCTO	RESULTADO DE ESTABILIDAD OXIDATIVA, 110°C	ALMACENAMIENTO	ESTAB.	ESTAB.	ESTAB.
	(Horas)	(°C)	(Horas)	(Días)	(Mes)
ACEITE DE SOYA RBD (SBO)	7.46	20	7639.0	318	10.6
	7.46	30	3819.5	159	5.3

#### ACEITE DE SOYA RBD (SBO)

Induction time 7.48 h  
Stability time 0.00 h Delta Kappa 0 µg/10m  
Standard time 7.48 h (P: 2/T: 110°C)



#### OBSERVACIONES:

ACEITE DE SOYA RBD a 20 °C vida útil de 10,6 meses  
ACEITE DE SOYA RBD a 30 °C vida útil de 5,3 meses

LA FABRIL S.A.  
  
Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental I+D+i A&G

Industria de grasas, aceites y jabones

Rm. 514 Vía Manta-Monimayeli, Ecuador. Tel: 593-02- 928-891.  
Fax: 593-02-924-252 – Castilla 13-05-4761

## ANEXO N° 2: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DE ACEITE DE GIRASOL Y SOYA RBD CONDUCTIVIDAD 10, 20, 30, 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$

### CONDUCTIVIDAD 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$

**LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**  
**LA FABRIL S.A.**



**DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES POR HS-GC-FID**

MÉTODO	:	AOCS CG-4-94
EQUIPO	:	CROMATÓGRAFO DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC
DETECTOR	:	DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA (FID)
PRODUCTO	:	ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO C10)
FECHA	:	Agosto, 2020

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm			
	SFO INICIAL	SFO C10 R1	SFO C10 R2	SFO C10 R3
Etano	0,000	0,124	0,120	0,124
Pentano	0,054	0,214	0,214	0,206
Hexano	0,000	0,025	0,025	0,025
Acetaldehido	0,099	0,106	0,110	0,107
n-Octano	0,000	0,000	0,000	0,000
Propanal	0,070	0,098	0,105	0,100
2-Metilpropanal	0,000	0,061	0,061	0,061
Acroleína	0,483	1,158	1,160	1,160
Butanal	0,028	0,087	0,105	0,099
Etolol	0,258	0,156	0,150	0,158
3-Buten-2-ona	0,000	0,000	0,000	0,000
Pentanal	0,000	1,055	0,999	1,039
1-Penten-3-ona	0,000	0,000	0,000	0,000
2-Metilbut-3-en-2-ol	0,000	0,000	0,000	0,000
2-Butenal	0,000	0,000	0,000	0,000
p-Ment-2-en-1-ol	0,000	0,000	0,000	0,000
Hexanal	1,327	5,839	6,009	5,540
2-ButilFuran	0,013	0,088	0,085	0,085
1-Penten-3-ol	0,000	0,000	0,000	0,000
2-Heptanona	0,061	0,078	0,078	0,079
Heptanal	0,000	0,000	0,000	0,000
1-2-Hexenal	0,000	0,000	0,000	0,000
2-PentilFuran	0,000	0,325	0,349	0,299

**LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**  
**LA FABRIL S.A.**



Metilpropildisulfuro	0,000	0,000	0,000	0,000
2-Metillactato	0,000	0,000	0,000	0,000
1-Pentanol	0,040	0,025	0,025	0,027
Octanal	0,054	0,125	0,145	0,166
Ac. Formico	0,000	0,000	0,000	0,000
t-2-Heptenal	1,395	3,438	3,387	3,453
1-Hexanol	0,000	0,000	0,000	0,000
Nonanal	0,438	1,253	1,300	1,240
1-Octen-3-ol	0,242	0,875	0,974	1,045
t-2-Octenal	0,000	0,000	0,000	0,000
Ac. Acetico	0,000	0,000	0,000	0,000
Metiltiopropional/Pilocarpina	0,000	0,234	0,226	0,254
2,4-t,c-Heptadienal	0,000	10,432	10,459	10,346
2,4-t,t-Heptadienal	0,000	14,348	14,675	14,459
Acetilfuran	0,000	0,000	0,000	0,000
t-2-Nonenal	0,000	0,000	0,000	0,000
1,2-Propanodiol	0,000	0,000	0,000	0,000
t,2-Decenal	0,000	0,000	0,000	0,000
Anhidrido Caproico	0,000	0,000	0,000	0,000
t,t-2,4-Nonadienal	0,000	0,000	0,000	0,000
t,t-2,4-Decadienal	0,000	0,000	0,000	0,000
Acido Caproico	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>4,561</b>	<b>40,144</b>	<b>40,761</b>	<b>40,068</b>

LA FABRIL S.A.

  
 Ivan Zambrano Huerta  
 Ing. Instrumental I+D+I A&G

## CONDUCTIVIDAD 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$

**LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**

LA FABRIL S.A.



### DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES POR HS-GC-FID

MÉTODO : AOCS CG-4-94  
 EQUIPO : CROMATÓGRAFO DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC  
 DETECTOR : DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA (FID)  
 PRODUCTO : ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO C20)  
 FECHA : Agosto, 2020

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm			
	SFO INICIAL	SFO C20 R1	SFO C20 R2	SFO C20 R3
Etano	0,000	3,451	3,475	3,568
Pentano	0,054	350,609	351,459	350,949
Hexano	0,000	2,306	1,989	2,400
Acetaldehído	0,099	4,848	5,048	5,145
n-Octano	0,000	8,680	9,457	7,679
Propanal	0,070	1,564	1,895	2,007
2-Metilpropanal	0,000	0,446	0,458	0,440
Acroleína	0,483	28,958	29,448	27,958
Butanal	0,028	1,995	2,443	2,005
Etanol	0,258	0,404	0,415	0,400
3-Buten-2-ona	0,000	0,059	0,071	0,065
Pentanal	0,000	24,199	24,225	24,987
1-Penten-3-ona	0,000	0,055	0,063	0,064
2-Metilbut-3-en-2-ol	0,000	0,631	0,591	0,689
2-Butenal	0,000	0,368	0,458	0,589
p-Ment-2-en-1-ol	0,000	0,000	0,000	0,000
Hexanal	1,327	242,429	244,008	245,003
2-ButilFuran	0,013	0,661	0,561	0,661
1-Penten-3-ol	0,000	0,314	0,394	0,314
2-Heptanona	0,061	2,793	2,781	3,004
Heptanal	0,000	6,403	6,393	6,444
t-2-Hexenal	0,000	0,172	0,204	0,184
2-PentilFuran	0,000	18,203	17,987	19,004

Industria de grasas, aceites y jabones

Km 5½ Vía María Montecristi, Ecuador. Tel: 593-52- 929-091.  
 Fax: 593-52-929-252 – Casilla 13-05-4761

**LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**  
**LA FABRIL S.A.**



Metilpropildisulfuro	0,000	0,000	0,000	0,000
2-Metillactato	0,000	0,000	0,000	0,000
1-Pentanol	0,040	0,032	0,033	0,036
Octanal	0,054	3,914	3,445	4,583
Ac. Formico	0,000	0,000	0,000	0,000
t-2-Heptenal	1,395	36,288	36,597	35,660
1-Hexanol	0,000	6,887	7,045	7,544
Nonanal	0,438	31,255	32,007	31,998
1-Octen-3-ol	0,242	38,679	39,459	38,987
t-2-Octenal	0,000	36,026	35,987	37,004
Ac. Acetico	0,000	6,034	6,443	5,988
Metiltiopropional/Pilocarpina	0,000	2,800	2,020	2,949
2,4-t,c-Heptadienal	0,000	25,326	25,562	25,387
2,4-t,t-Heptadienal	0,000	20,104	20,123	20,238
Acetilfuran	0,000	0,000	0,000	0,000
t-2-Nonenal	0,000	7,542	6,984	7,487
1,2-Propanodiol	0,000	0,000	0,000	0,000
t,2-Decenal	0,000	19,224	20,000	18,999
Anhidrido Caproico	0,000	18,935	19,445	19,009
t,t-2,4-Nonadienal	0,000	80,827	80,047	81,004
t,t-2,4-Decadienal	0,000	280,189	279,987	281,133
Acido Caproico	0,000	66,310	66,999	65,493
<b>TOTAL</b>	<b>4,561</b>	<b>1379,917</b>	<b>1386,005</b>	<b>1387,059</b>

LA FABRIL S.A.

  
 \_\_\_\_\_  
 Ivan Zaribadino Huerta  
 Ing. Instrumental HDH A&C

Industria de grasas, aceites y jabones

Rm 5/1 Vía Manta-Montecristi, Ecuador. Tel: 593-52- 520-091.  
 Fax: 593-52-924-252 – Casilla 13-05-4761

## CONDUCTIVIDAD 30 $\mu$ S/cm

**LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**  
**LA FABRIL S.A.**



### DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES POR HS-GC-FID

MÉTODO : AOCs CG-4-94  
 EQUIPO : CROMATÓGRAFO DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC  
 DETECTOR : DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA (FID)  
 PRODUCTO : ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO C30)  
 FECHA : Agosto, 2020

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm			
	SFO INICIAL	SFO C30 R1	SFO C30 R2	SFO C30 R3
Etano	0,000	5,243	5,234	5,326
Pentano	0,054	230,288	231,445	229,987
Hexano	0,000	1,441	1,500	1,490
Acetaldehido	0,099	2,766	3,045	3,455
n-Octano	0,000	5,651	6,445	5,987
Propanal	0,070	1,154	1,202	1,194
2-Metilpropanal	0,000	0,318	0,299	0,348
Acroleína	0,483	19,815	20,005	19,988
Butanal	0,028	1,555	1,654	1,688
Etanol	0,258	0,676	0,700	0,745
3-Buten-2-ona	0,000	0,088	0,085	0,083
Pentanal	0,000	18,920	19,040	18,998
1-Penten-3-ona	0,000	0,083	0,079	0,085
2-Metilbut-3-en-2-ol	0,000	0,456	0,554	0,589
2-Butenal	0,000	0,249	0,259	0,260
p-Ment-2-en-1-ol	0,000	0,000	0,000	0,000
Hexanal	1,327	222,143	223,453	220,854
2-ButilFuran	0,013	0,852	0,910	0,895
1-Penten-3-ol	0,000	0,666	0,723	0,746
2-Heptanona	0,061	2,529	2,902	2,904
Heptanal	0,000	5,184	4,988	5,148
1-2-Hexenal	0,000	0,207	0,214	0,220
2-PentilFuran	0,000	13,359	13,004	14,891

Industria de grasas, aceites y jabones

Km 5½ Vía Manta-Montecristi, Ecuador. Tel: 593-52- 820-091.  
 Fax: 593-52-824-252 – Casilla 13-05-4761



**LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**  
**LA FABRIL S.A.**



Metilpropildisulfuro	0,000	0,000	0,000	0,000
2-Metillactato	0,000	0,424	0,434	0,440
1-Pentanol	0,040	0,056	0,055	0,057
Octanal	0,054	3,003	2,945	3,015
Ac.Formico	0,000	0,001	0,002	0,002
t-2-Heptenal	1,395	33,081	32,826	34,007
1-Hexanol	0,000	4,805	3,945	5,442
Nonanal	0,438	24,708	24,337	25,045
1-Octen-3-ol	0,242	33,120	33,007	34,782
t-2-Octenal	0,000	31,255	31,489	31,987
Ac.Acetico	0,000	4,461	4,545	4,599
Metiltiopropional/Pilocarpina	0,000	2,036	2,145	2,449
2,4-t,c-Heptadienal	0,000	156,453	155,675	155,008
2,4-t,t-Heptadienal	0,000	116,325	116,440	115,763
Acetilfuran	0,000	0,000	0,000	0,000
t-2-Nonenal	0,000	21,232	20,987	21,003
1,2-Propanodiol	0,000	0,000	0,000	0,000
t,2-Decenal	0,000	13,661	12,897	13,478
Anhidrido Caproico	0,000	19,180	18,775	18,400
t,t-2,4-Nonadienal	0,000	59,273	58,999	59,437
t,t-2,4-Decadienal	0,000	206,144	207,114	205,989
Acido Caproico	0,000	52,130	51,987	52,445
<b>TOTAL</b>	<b>4,561</b>	<b>1314,992</b>	<b>1316,344</b>	<b>1319,228</b>

LA FABRIL S.A.  
  
 Ivan Zambrano Huerta  
 Ing. Instrumental I-D-I A&G

## CONDUCTIVIDAD 40 $\mu$ S/cm

**LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**  
**LA FABRIL S.A.**



### DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES POR HS-GC-FID

MÉTODO : AOCs CG-4-94  
 EQUIPO : CROMATÓGRAFO DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC  
 DETECTOR : DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA (FID)  
 PRODUCTO : ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO C40)  
 FECHA : Agosto, 2020

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm			
	SFO INICIAL	SFO C40 R1	SFO C40 R2	SFO C40 R3
Etano	0,000	7,903	7,003	8,398
Pentano	0,054	349,683	349,003	349,897
Hexano	0,000	2,216	2,115	2,387
Acetaldehido	0,099	4,375	4,412	4,423
n-Octano	0,000	9,171	10,171	9,446
Propanal	0,070	1,633	1,738	1,612
2-Metilpropanal	0,000	0,345	0,305	0,401
Acroleína	0,483	26,632	27,632	27,446
Butanal	0,028	1,936	2,936	2,099
Etolol	0,258	0,499	0,500	0,512
3-Buten-2-ona	0,000	0,145	0,127	0,116
Pentanal	0,000	23,102	23,441	23,458
1-Penten-3-ona	0,000	0,110	0,108	0,100
2-Metilbut-3-en-2-ol	0,000	0,597	0,600	0,645
2-Butenal	0,000	0,483	0,456	0,468
p-Ment-2-en-1-ol	0,000	0,000	0,000	0,000
Hexanal	1,327	300,603	301,001	300,449
2-ButilFuran	0,013	1,255	1,154	1,346
1-Penten-3-ol	0,000	0,897	0,835	0,876
2-Heptanona	0,061	3,414	3,400	3,441
Heptanal	0,000	5,804	6,006	6,101
1-2-Hexenal	0,000	0,200	0,195	0,205
2-PentilFuran	0,000	19,417	19,223	20,001

**LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**

LA FABRIL S.A.



Metilpropildisulfuro	0,000	0,000	0,000	0,000
2-Metillactato	0,000	0,146	0,154	0,155
1-Pentanol	0,040	0,087	0,087	0,089
Octanal	0,054	3,210	3,241	3,001
Ac. Formico	0,000	0,032	0,036	0,035
t-2-Heptenal	1,395	76,460	77,432	77,605
1-Hexanol	0,000	4,167	4,987	4,331
Nonanal	0,438	34,912	35,448	35,004
1-Octen-3-ol	0,242	38,625	38,784	39,024
t-2-Octenal	0,000	47,375	47,448	47,532
Ac. Acetico	0,000	7,021	8,001	6,897
Metiltiopropional/Pilocarpina	0,000	2,658	2,769	2,658
2,4-t,c-Heptadienal	0,000	276,886	277,055	277,118
2,4-t,t-Heptadienal	0,000	287,323	288,755	289,658
Acetilfuran	0,000	0,000	0,000	0,000
t-2-Nonenal	0,000	24,212	24,559	23,897
1,2-Propanodiol	0,000	0,000	0,000	0,000
t,2-Decenal	0,000	13,134	14,134	12,988
Anhidrido Caproico	0,000	19,958	19,472	19,958
t,t-2,4-Nonadienal	0,000	81,029	81,448	80,879
t,t-2,4-Decadienal	0,000	287,899	287,401	286,445
Acido Caproico	0,000	80,853	80,047	80,045
<b>TOTAL</b>	<b>4,561</b>	<b>2046,406</b>	<b>2053,618</b>	<b>2051,143</b>

LA FABRIL S.A.

  
 Ivan Zaffirano Huerta  
 Ing. Instrumental I+D+I+AG

Industria de grasas, aceites y jabones

Km 5½ Vía Manta-Montecristi, Ecuador. Tel: 593-52- 820-891.  
 Fax: 593-52-824-252 – Casilla 13-05-4761

## ANEXO N° 3: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DE ACEITE DE SOYA RBD

CONDUCTIVIDAD 10, 20, 30, 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$

### CONDUCTIVIDAD 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



#### DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES POR HS-GC-FID

MÉTODO : AOCS CG-4-94  
EQUIPO : CROMATÓGRAFO DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC  
DETECTOR : DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA (FID)  
PRODUCTO : ACEITE DE SOYA RBD (SBO C10)  
FECHA : Agosto, 2020

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm			
	SBO INICIAL	SBO C10 R1	SBO C10 R2	SBO C10 R3
Etano	0.000	1.298	1.280	1.310
Pentano	0.045	8.685	8.560	8.780
Hexano	0.020	0.086	0.088	0.078
Acetaldehido	0.224	1.731	1.770	1.750
n-Octano	0.000	0.138	0.138	0.145
Propanal	0.405	6.038	6.120	6.070
2-Metilpropanal	0.000	0.000	0.000	0.000
Acroleina	0.423	6.739	6.650	6.730
Butanal	0.048	0.321	0.314	0.324
Etanol	0.537	0.475	0.469	0.471
3-Buten-2-ona	0.000	0.050	0.045	0.043
Pentanal	0.000	3.058	3.000	3.120
1-Penten-3-ona	0.000	0.242	0.232	0.236
2-Metilbut-3-en-2-ol	0.000	0.159	0.148	0.154
2-Butenal	0.000	1.465	1.453	1.446
p-Ment-2-en-1-ol	0.000	0.324	0.301	0.332
Hexanal	1.121	15.181	15.467	15.430
2-ButilFuran	0.042	0.718	0.731	0.710
1-Penten-3-ol	0.000	1.973	1.860	1.900
2-Heptanona	0.000	0.097	0.112	0.134
Heptanal	0.081	0.377	0.355	0.374
t-2-Hexenal	0.000	0.000	0.000	0.000

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



2-PentilFuran	0.000	0.779	0.761	0.772
Metilpropildisulfuro	0.000	0.206	0.221	0.200
2-Metillactato	0.000	0.000	0.000	0.000
1-Pentanol	0.227	0.288	0.288	0.331
Octanal	0.051	0.228	0.228	0.218
Ac.Formico	0.000	0.000	0.000	0.000
t-2-Heptenal	0.842	2.376	2.376	2.563
1-Hexanol	0.000	0.000	0.000	0.000
Nonanal	0.489	4.260	3.999	4.150
1-Octen-3-ol	0.119	2.748	2.761	2.665
t-2-Octenal	0.025	2.242	2.222	2.310
Ac.Acetico	0.000	2.722	2.456	2.666
Metiltiopropanal/Pilocarpina	0.000	0.000	0.000	0.000
2,4-t,c-Heptadienal	0.000	9.269	9.123	9.254
2,4-t,t-Heptadienal	0.000	15.354	15.432	15.045
Acetilfuran	0.000	3.442	3.084	3.227
t-2-Nonenal	0.000	0.000	0.000	0.000
1,2-Propanodiol	0.000	0.000	0.000	0.000
t,2-Decenal	0.000	0.000	0.000	0.000
Anhidrido Caproico	0.000	0.000	0.000	0.000
t,t-2,4-Nonadienal	0.000	0.000	0.000	0.000
t,t-2,4-Decadienal	0.000	0.000	0.000	0.000
Acido Caproico	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL	4.699	93.066	92.044	92.938

LA FABRIL S.A.

Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental I+D+i A&G

Industria de grasas, aceites y jabones

Nm 51/ Vía Manta-Monjaspe, Ecuador. Tel: 593-52- 928-891.  
Fax: 593-52-824-252 – Cel: 011- 45-4761

## CONDUCTIVIDAD 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



### DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES POR HS-GC-FID

MÉTODO : AOCs CG-4-94  
EQUIPO : CROMATÓGRAFO DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC  
DETECTOR : DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA (FID)  
PRODUCTO : ACEITE DE SOYA RBD (SBO C20)  
FECHA : Agosto, 2020

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm			
	SBO INICIAL	SBO C20 R1	SBO C20 R2	SBO C20 R3
Etano	0.000	3.468	3.430	3.560
Pentano	0.045	30.003	29.540	30.150
Hexano	0.020	0.281	0.267	0.278
Acetaldehido	0.224	4.006	3.996	4.076
n-Octano	0.000	0.358	0.325	0.356
Propanal	0.405	11.830	11.845	11.823
2-Metilpropanal	0.000	0.000	0.000	0.000
Acroleína	0.423	14.940	14.892	13.987
Butanal	0.048	0.700	0.678	0.702
Etanol	0.537	0.776	0.776	0.756
3-Buten-2-ona	0.000	0.247	0.263	0.229
Pentanal	0.000	7.440	7.462	7.432
1-Penten-3-ona	0.000	0.500	0.332	0.378
2-Metilbut-3-en-2-ol	0.000	0.263	0.248	0.251
2-Butenal	0.000	3.559	3.341	2.489
p-Ment-2-en-1-ol	0.000	0.853	0.876	0.843
Hexanal	1.121	40.512	38.876	38.798
2-ButilFuran	0.042	1.638	1.638	1.675
1-Penten-3-ol	0.000	4.408	4.785	4.653
2-Heptanona	0.000	0.378	0.365	0.354
Heptanal	0.081	1.134	1.151	1.210
t-2-Hexenal	0.000	0.084	0.061	0.079

Industria de grasas, aceites y jabones

Rm 51/ Vía María Montecristi, Ecuador. Tel: 593-52- 920-891.  
Fax: 593-52-921-252 – Casilla 13-05-4761

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



2-PentilFuran	0.000	3.377	3.333	3.357
Metilpropildisulfuro	0.000	0.329	0.321	0.308
2-Metillactato	0.000	0.426	0.416	0.435
1-Pentanol	0.227	0.362	0.358	0.335
Octanal	0.051	0.287	0.300	0.286
Ac.Formico	0.000	0.000	0.000	0.000
t-2-Heptenal	0.842	35.249	34.997	34.860
1-Hexanol	0.000	0.567	0.521	0.511
Nonanal	0.489	13.322	13.006	13.786
1-Octen-3-ol	0.119	6.723	6.785	6.733
t-2-Octenal	0.025	6.339	5.876	5.421
Ac.Acetico	0.000	5.885	5.779	5.458
Metiltiopropenal/Pilocarpina	0.000	0.276	0.277	0.265
2,4-t,c-Heptadienal	0.000	17.341	17.563	17.600
2,4-t,t-Heptadienal	0.000	36.391	31.994	33.547
Acetilfuran	0.000	8.243	7.896	8.457
t-2-Nonenal	0.000	0.000	0.000	0.000
1,2-Propanodiol	0.000	0.000	0.000	0.000
t,2-Decenal	0.000	0.000	0.000	0.000
Anhidrido Caproico	0.000	0.000	0.000	0.000
t,t-2,4-Nonadienal	0.000	15.449	14.563	13.984
t,t-2,4-Decadienal	0.000	51.621	48.370	48.321
Acido Caproico	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>TOTAL</b>	<b>4.699</b>	<b>329.565</b>	<b>317.502</b>	<b>317.743</b>

LA FABRIL S.A.

  
Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental I+D+i A&G

## CONDUCTIVIDAD 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



### DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES POR HS-GC-FID

MÉTODO : AOCS CG-4-94  
EQUIPO : CROMATÓGRAFO DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA SHS-GC  
DETECTOR : DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA (FID)  
PRODUCTO : ACEITE DE SOYA RBD (SBO C30)  
FECHA : Agosto, 2020

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm			
	SBO INICIAL	SBO C30 R1	SBO C30 R2	SBO C30 R3
Etano	0.000	3.187	3.280	3.450
Pentano	0.045	28.301	27.160	28.770
Hexano	0.020	0.323	0.318	0.325
Acetaldehido	0.224	3.415	3.678	3.453
n-Octano	0.000	0.597	0.569	0.613
Propanal	0.405	10.448	10.359	10.921
2-Metilpropanal	0.000	0.000	0.000	0.000
Acroleína	0.423	11.589	12.075	11.678
Butanal	0.048	0.694	0.708	0.702
Etanol	0.537	0.615	0.669	0.697
3-Buten-2-ona	0.000	0.123	0.268	0.247
Pentanal	0.000	6.265	6.567	7.000
1-Penten-3-ona	0.000	0.353	0.387	0.387
2-Metilbut-3-en-2-ol	0.000	0.219	0.267	0.248
2-Butenal	0.000	2.784	2.885	3.000
p-Ment-2-en-1-ol	0.000	0.705	0.785	0.800
Hexanal	1.121	36.371	38.785	37.871
2-ButilFuran	0.042	1.375	1.657	1.674
1-Penten-3-ol	0.000	2.909	3.873	3.897
2-Heptanona	0.000	0.366	0.383	0.346
Heptanal	0.081	1.041	1.223	1.246
t-2-Hexenal	0.000	0.084	0.084	0.086

Industria de grasas, aceites y jabones

Ran 55 Vía Manta-Monimacachi, Ecuador. Tel: 593-52- 929-891.  
Fax: 593-52-929-252 – Corilla 13-85-4761



LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



2-PentilFuran	0.000	2.115	3.754	3.667
Metilpropildisulfuro	0.000	0.347	0.335	0.332
2-Metillactato	0.000	0.557	0.557	0.576
1-Pentanol	0.227	0.000	0.547	0.531
Octanal	0.051	0.469	0.471	0.468
Ac.Formico	0.000	0.000	0.000	0.000
t-2-Heptenal	0.842	30.068	31.526	31.007
1-Hexanol	0.000	0.000	0.774	0.783
Nonanal	0.489	11.024	12.775	12.897
1-Octen-3-ol	0.119	5.350	5.843	5.775
t-2-Octenal	0.025	3.557	5.089	5.605
Ac.Acetico	0.000	4.178	4.298	4.986
Metiltiopropanal/Pilocarpina	0.000	0.321	0.321	0.315
2,4-t,c-Heptadienal	0.000	14.426	14.367	15.874
2,4-t,t-Heptadienal	0.000	27.672	28.001	27.658
Acetilfuran	0.000	11.460	11.056	11.437
t-2-Nonenal	0.000	0.000	0.000	0.000
1,2-Propanodiol	0.000	0.000	0.000	0.000
t,2-Decenal	0.000	2.073	2.112	2.060
Anhidrido Caproico	0.000	0.000	0.000	0.000
t,t-2,4-Nonadienal	0.000	12.932	13.089	13.789
t,t-2,4-Decadienal	0.000	44.769	45.776	48.886
Acido Caproico	0.000	5.147	5.132	5.215
<b>TOTAL</b>	<b>4.699</b>	<b>288.227</b>	<b>301.803</b>	<b>309.272</b>

LA FABRIL S.A.

  
Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental I+D+i A&G

## CONDUCTIVIDAD 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



### DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES POR HS-GC-FID

MÉTODO : AOCS CG-4-94  
EQUIPO : CROMATÓGRAFO DE GASES CABEZA VOLÁTIL ESTÁTICA HS-GC  
DETECTOR : DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA (FID)  
PRODUCTO : ACEITE DE SOYA RBD (SBO C40)  
FECHA : Agosto, 2020

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, VOC	CONCENTRACIÓN, ppm			
	SBO INICIAL	SBO C40 R1	SBO C40 R2	SBO C40 R3
Etano	0.000	3.187	3.280	3.450
Pentano	0.045	28.301	27.160	28.770
Hexano	0.020	0.323	0.318	0.325
Acetaldehído	0.224	3.415	3.678	3.453
n-Octano	0.000	0.597	0.569	0.613
Propanal	0.405	10.448	10.359	10.921
2-Metilpropanal	0.000	0.000	0.000	0.000
Acroleína	0.423	11.589	12.075	11.678
Butanal	0.048	0.694	0.708	0.702
Etanol	0.537	0.615	0.669	0.697
3-Buten-2-ona	0.000	0.123	0.268	0.247
Pentanal	0.000	6.265	6.567	7.000
1-Penten-3-ona	0.000	0.353	0.387	0.387
2-Metilbut-3-en-2-ol	0.000	0.219	0.267	0.248
2-Butenal	0.000	2.784	2.885	3.000
p-Ment-2-en-1-ol	0.000	0.705	0.785	0.800
Hexanal	1.121	36.371	38.785	37.871
2-ButilFuran	0.042	1.375	1.657	1.674
1-Penten-3-ol	0.000	2.909	3.873	3.897
2-Heptanona	0.000	0.366	0.383	0.346
Heptanal	0.081	1.041	1.223	1.246

Industria de grasas, aceites y jabones

Rm 5/A Vía Monte Montecristi, Ecuador. Tel: 593-52- 928-881.  
Fax: 593-62-924-252 – Cobija 13-05-4761

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



t-2-Hexenal	0.000	0.084	0.084	0.086
2-PentilFuran	0.000	2.115	3.754	3.667
Metilpropildisulfuro	0.000	0.347	0.335	0.332
2-Metillactato	0.000	0.557	0.557	0.576
1-Pentanol	0.227	0.000	0.547	0.531
Octanal	0.051	0.469	0.471	0.468
Ac.Formico	0.000	0.000	0.000	0.000
t-2-Heptenal	0.842	30.068	31.526	31.007
1-Hexanol	0.000	0.000	0.774	0.783
Nonanal	0.489	11.024	12.775	12.897
1-Octen-3-ol	0.119	5.350	5.843	5.775
t-2-Octenal	0.025	3.557	5.089	5.605
Ac.Acetico	0.000	4.178	4.298	4.986
Metiltiopropanal/Pilocarpina	0.000	0.321	0.321	0.315
2,4-t,c-Heptadienal	0.000	14.426	14.367	15.874
2,4-t,t-Heptadienal	0.000	27.672	28.001	27.658
Acetilfuran	0.000	11.460	11.056	11.437
t-2-Nonenal	0.000	0.000	0.000	0.000
1,2-Propanodiol	0.000	0.000	0.000	0.000
t,2-Decenal	0.000	2.073	2.112	2.060
Anhidrido Caproico	0.000	0.000	0.000	0.000
t,t-2,4-Nonadienal	0.000	12.932	13.089	13.789
t,t-2,4-Decadienal	0.000	44.769	45.776	48.886
Acido Caproico	0.000	5.147	5.132	5.215
<b>TOTAL</b>	<b>4.699</b>	<b>288.227</b>	<b>301.803</b>	<b>309.272</b>

LA FABRIL S.A.

  
Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental I+D+i A&G

Industria de grasas, aceites y jabones

Rm 516 Vía Maná-Montecristi, Ecuador. Tel: 593-52- 928-891.  
Fax: 593-52-924-252 - Casilla 13-05-4761

**ANEXO N° 4: RESULTADOS DE ANÁLISIS SENSORIAL REALIZADO A  
PANELISTAS NO ENTRENADOS**

**CONDUCTIVIDAD 10, 20, 30, 40  $\mu$ S/cm**

**ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO)**

Resultados del umbral de aceptación de aceite de girasol (SFO), mediante método sensorial			
Conductividad, $\mu$ S/cm	Aceptación		N° Panelistas No entrenados
	0 = Si	1 = No	
10	74	6	80
10	71	9	80
10	73	7	80
20	59	21	80
20	55	25	80
20	56	24	80
30	52	28	80
30	54	26	80
30	49	31	80
40	68	12	80
40	56	24	80
40	59	21	80

**ACEITE DE SOYA RBD (SBO)**

Resultados del umbral de aceptación de aceite de soya (SBO), mediante método sensorial			
Conductividad, $\mu$ S/cm	Aceptación		N° Panelistas No entrenados
	0 = Si	1 = No	
10	73	7	80
10	69	11	80
10	70	10	80
20	62	18	80
20	54	26	80
20	59	21	80
30	52	28	80
30	49	31	80
30	46	34	80
40	61	19	80
40	59	21	80
40	56	24	80

## ANEXO N° 5: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS DE ACEITES GIRASOL Y SOYA RBD

### ACEITE GIRASOL RBD (SFO)

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



#### ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS

MÉTODO : AOCs Cd 8b-90  
EQUIPO : N/A POR TITULACIÓN  
PRODUCTO : ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO)

CÓDIGO	RESULTADOS
	Índice de peróxidos, meq O <sub>2</sub> /kg
SFO Inicial	0.18
SFO C10	18.95
SFO C20	301.05
SFO C30	366.10
SFO C40	429.90

LA FABRIL S.A.

  
Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental I+D+I A&G

## ACEITE DE SOYA RBD (SBO)

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



### ANÁLISIS DE VALOR DE PERÓXIDOS

MÉTODO : AOCS Cd 8b-90  
EQUIPO : N/A TITULACIÓN  
PRODUCTO : ACEITE DE SOYA RBD (SBO)  
FECHA : Agosto del 2020

CÓDIGO	RESULTADOS
	Índice de peróxidos, meq O <sub>2</sub> /kg
SBO Inicial	0.20
SBO C10	17.53
SBO C20	118.39
SBO C30	130.44
SBO C40	223.20

LA FABRIL S.A.

Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental I+D+I A&G

## ANEXO N° 6: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE COEFICIENTES DE EXTINCIÓN POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV

### ACEITE GIRASOL RBD (SFO)

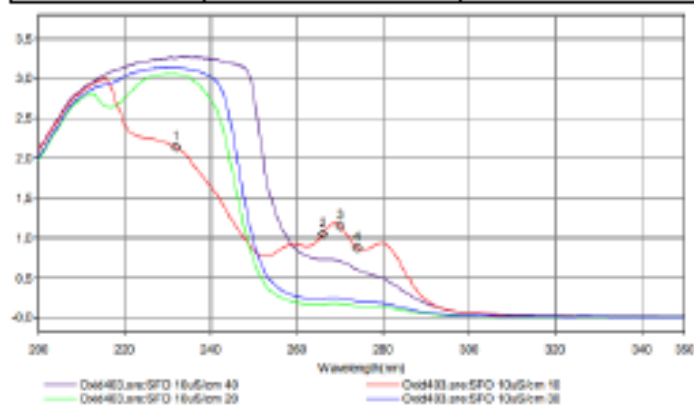
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



#### ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO COEFICIENTES DE EXTINCIÓN UV

MÉTODO : PORIM P2.15  
EQUIPO : ESPECTROFOTÓMETRO UV  
PRODUCTO : ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO)  
FECHA : Agosto del 2020

CÓDIGO	RESULTADOS	
	COEFICIENTES DE EXTINCIÓN	
	K232	K270
SFO Inicial	3.73	1.91
SFO C10	4.90	2.63
SFO C20	6.82	0.39
SFO C30	6.46	0.51
SFO C40	8.19	1.79



LA FABRIL S.A.

*Ivan Zambrano Huerto*  
Ivan Zambrano Huerto  
Ing. Instrumental (HDI) A&G

## ACEITE DE SOYA RBD (SBO)

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.

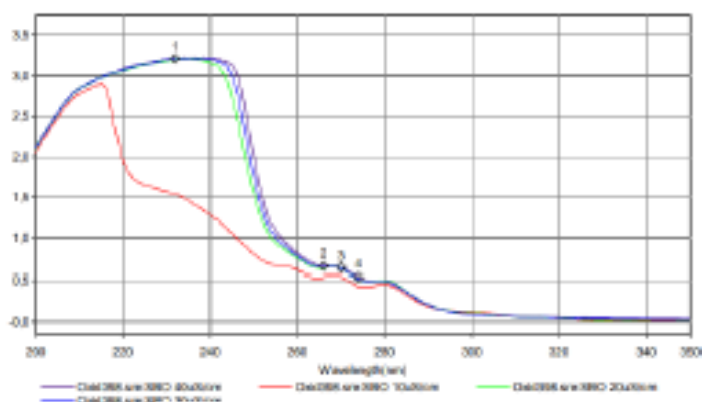


### ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO

#### COEFICIENTES DE EXTINCIÓN UV

MÉTODO : PORIM P2.15  
EQUIPO : ESPECTROFOTÓMETRO UV  
PRODUCTO : ACEITE DE SOYA RBD (SBO)  
FECHA : Agosto del 2020

CÓDIGO	RESULTADOS	
	COEFICIENTES DE EXTINCIÓN	
	K232	K270
SBO Inicial	4.97	2.81
SBO C10	4.02	1.40
SBO C20	7.83	1.53
SBO C30	8.00	1.56
SBO C40	8.02	1.59



LA FABRIL S.A.

*Ivan Zambrano Huerta*  
Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental HDH A&G



## ANEXOS N° 7: RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE ACEITES GIRASOL Y SOYA RBD

### ACEITE GIRASOL RBD (SFO)

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



#### PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS, FAME

MÉTODO : AOCS Ce-1h-05  
PRODUCTO : ACEITE DE GIRASOL RBD (SFO)  
FECHA : Agosto del 2020

ÁCIDOS GRASOS		ACEITE DE GIRASOL RBD
Tipo de Carboxilato		%
C16:0	Palmitico	5.70
C18:0	Estearico	5.70
C20:0	Araquidico	0.36
<b>Total Saturados</b>		<b>11.76</b>
C18:1 (n-9)	Oleico	26.76
<b>Total Monoinsaturados</b>		<b>26.76</b>
C18:2 (n-6)	Linoleico	60.64
C20:2	Eicosadienoico	0.84
<b>Total Poliinsaturados</b>		<b>61.48</b>
% Trans		0.00
I.IODO Cro.		127.42

LA FABRIL S.A.

Ivan Zambrano Huerta  
 Ing. Instrumental I+D+I A&G

## ACEITE DE SOYA RBD (SBO)

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN DE ACEITES Y GRASAS  
LA FABRIL S.A.



### PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS, FAME

MÉTODO : AOCS Ce-1h-05  
EQUIPO : CROMATÓGRAFO DE GASES  
PRODUCTO : ACEITE DE SOYA RBD (SBO)  
FECHA : Agosto del 2020

ÁCIDOS GRASOS		ACEITE DE GIRASOL RBD
Tipo de Carboxilato		%
C16:0	Palmitico	12.15
C18:0	Estearico	4.10
C20:0	Araquidico	0.45
Total Saturados		16.70
C18:1 (n-9)	Oleico	24.22
C20:1 (n-9/n-11)	Gadoleico	0.22
Total Monoinsaturados		24.44
C18:2 (n-6)	Linoleico	52.61
C18:3 (n-3/n-6)	Linolenico	5.69
C20:2	Eicosadienoico	0.56
Total Poliinsaturados		58.86
% Trans		0.00
I.IODO Cro.		126.38

LA FABRIL S.A.

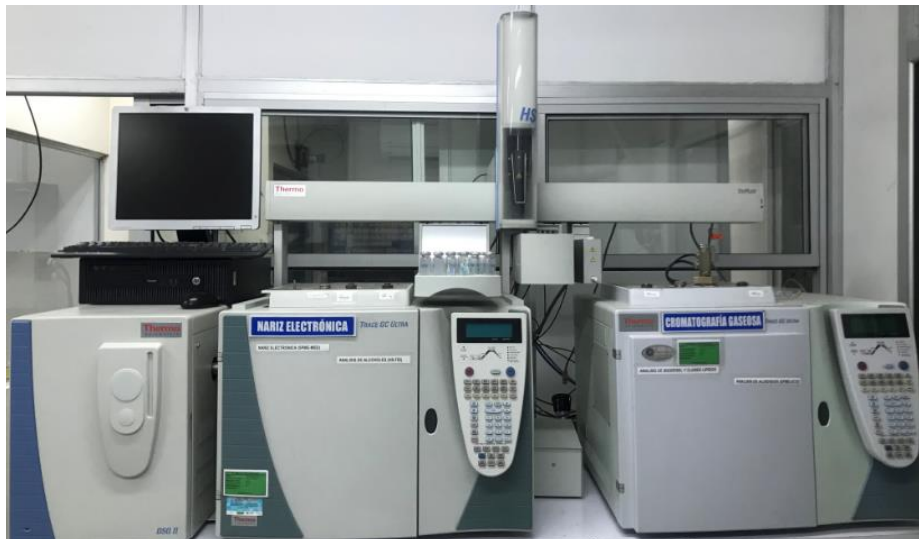
Ivan Zambrano Huerta  
Ing. Instrumental I+D+i A&G

## ANEXO N° 8: FOTOGRAFÍAS DE EQUIPOS

### RANCIMAT



### NARIZ ELECTRÓNICA



## CROMATÓGRAFO DE GASES

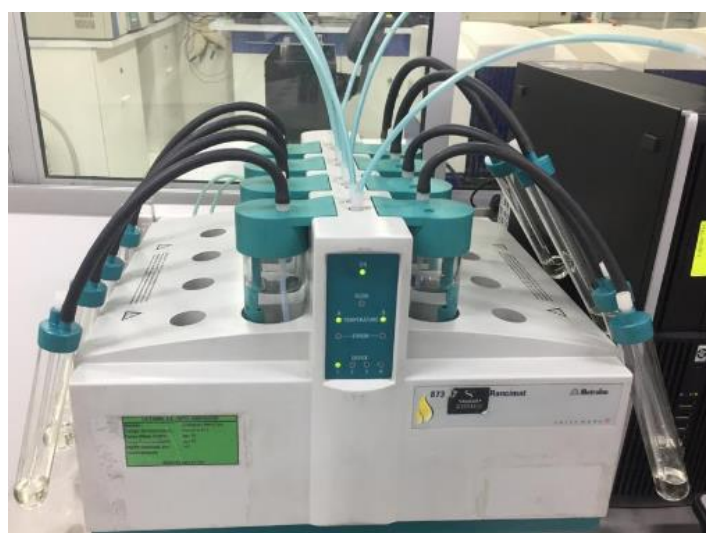
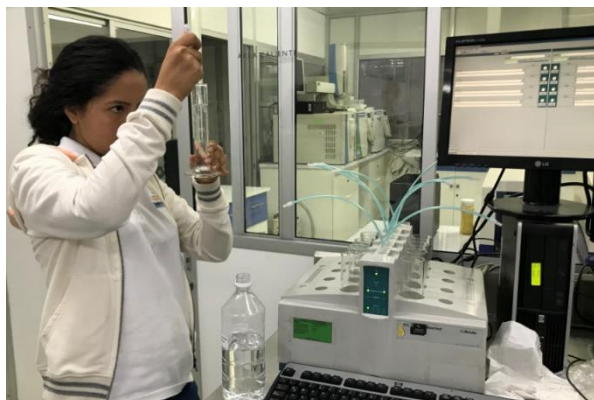


## ESPECTROFOTÓMETRO UV-VISIBLE



## ANEXO N° 9: PROCESO DE ANÁLISIS Y ENSAYOS REALIZADOS

### ANÁLISIS DE ESTABILIDAD OXIDATIVA





## PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES



## PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS SENSORIAL Y COMPLEMENTARIOS

