

**¿CÓMO AFECTA LA TEMPERATURA A LA RANCIDEZ  
OXIDATIVA DEL ACEITE DE SÉSAMO EN PRESENCIA  
DE DICROMATO DE POTASIO?**

## 1. Introducción

El aceite siempre ha sido un símbolo cultural y típico de España, en concreto el procedente de la oliva. Además de proporcionar al país una de las mayores fuentes de ingresos por exportación, también tiene un alto valor nutricional ya que contiene numerosos ácidos grasos esenciales.

Hace un año, mi familia y yo decidimos visitar la provincia de Jaén, en Andalucía. Allí, realizamos varias excursiones a olivares en las que nos explicaron la importancia del aceite para nuestra salud y el proceso de recogida, producción y almacenamiento que requería. Una de las cosas que más me llamó la atención en los depósitos de aceite fue el frío que hacía. El guía me explicó que la mejor temperatura para conservar el aceite era de unos 18 a 25 °C, ya que un exceso de calor haría que el aceite se oxidase y se vieran dañadas sus propiedades químicas.

Al volver a mi casa, comencé a indagar más sobre este hecho. Después de comparar muchas fuentes y artículos, llegué a la conclusión de que la temperatura idónea era la que había en los depósitos que yo había visitado, y que, en efecto, una temperatura mayor acabaría provocando la oxidación del aceite.

Siempre me ha gustado mucho el tema de la nutrición humana y la alimentación, por lo que también decidí investigar sobre los aceites más saludables. Encontré varios, muchos de ellos de semillas, y entre ellos me llamó la atención el aceite de sésamo, ya que contiene omega-6. Este es un ácido graso esencial, que, al no poder ser producido por nuestro organismo, debemos obtenerlo de la dieta.

Combinando estas informaciones que había hallado, me planteé la pregunta que pretendo resolver a lo largo de esta investigación: ¿cómo afecta la temperatura a la rancidez oxidativa del aceite de sésamo en presencia de dicromato de potasio?

## 2. Marco teórico

El aceite de sésamo es un aceite que se obtiene del prensado en frío o en calor de las semillas de sésamo (*Sesamum indicum*), o con disolventes químicos. Es un aceite poliinsaturado, es decir, que contiene una gran cantidad de ácidos grasos insaturados. Esto quiere decir que estos ácidos contienen, al menos, dos enlaces dobles carbono-carbono en su cadena. Uno de estos ácidos grasos que resulta esencial para los humanos es el ácido linoleico, que constituye un 45% de la composición del aceite de sésamo, y que resulta ser un ácido graso omega-6.

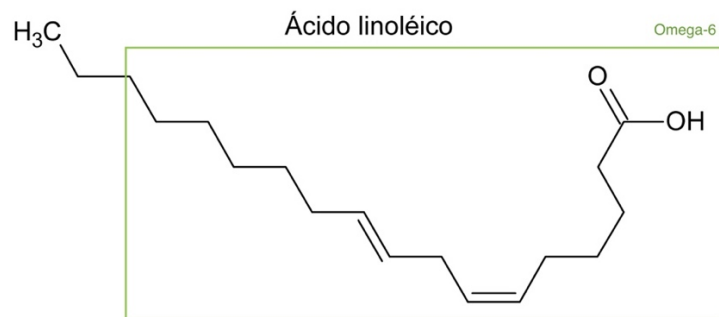


Figura 1. Molécula de ácido linoleico (Hemeroteca natural, 2017)

Como en la mayoría de aceites y grasas animales, en el aceite de sésamo también está presente la glicerina, un alcohol que posee tres grupos hidroxilos (Químicas.net, 2018). Esta molécula aparece de forma combinada, es decir, vinculada a ácidos grasos. En el caso del aceite de sésamo, podemos encontrarla unida a dos cadenas de ácido linoleico y una de ácido oleico que, como podemos observar, es monoinsaturado:

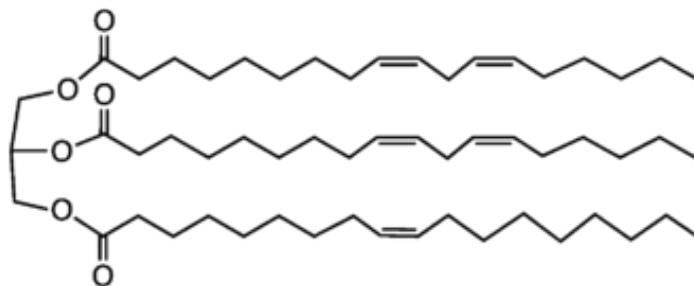


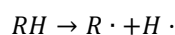
Figura 2. Triglicérido con ácido linoleico (Smokefoot, 2011)

Estos triglicéridos pueden sufrir un proceso denominado lipólisis, que consiste en la rotura de estos compuestos para formar ácidos grasos libres.

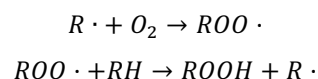
Un factor que puede contribuir a este proceso es la temperatura, ya que, a mayor temperatura, mayor es la vibración de los enlaces del compuesto y, por lo tanto, mayor probabilidad tienen de romperse. Teniendo en cuenta que los ácidos grasos libres son los que se oxidan, se puede deducir que a medida que aumente la temperatura, también lo hará la rancidez oxidativa del aceite.

Los triglicéridos son los compuestos que sufren el proceso de oxidación del aceite, un mecanismo causado por el contacto con el oxígeno (CSR Laboratorio, 2012). Como la oxidación es una reacción en cadena, y el aceite que voy a utilizar está envasado herméticamente, voy a medir los hidroperóxidos obtenidos en lo que considero que es la primera oxidación, que nos permitirán controlar la rancidez oxidativa que ha sufrido una muestra de aceite de sésamo. La oxidación se divide en tres partes: iniciación, propagación y terminación.

La iniciación consiste en la producción de radicales libres activos causada por el efecto de la energía (normalmente luz o calor) sobre radicales peróxidos. En el caso de los ácidos grasos, el enlace C-H es el que sufre esta ruptura:

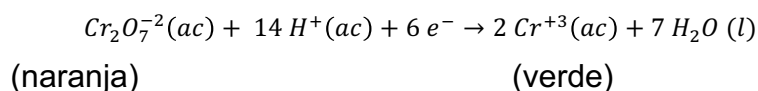


En la propagación, los radicales libres reaccionan con el  $O_2$  del aire para formar  $ROO \cdot$ . Estos radicales entran en contacto con una molécula de ácido graso, produciendo hidroperóxidos  $ROOH$  y más radicales libres que vuelven a meterse en la cadena de oxidación:



Por último, en la etapa final, después de la completa destrucción de los ácidos grasos, se generan hidroperóxidos como productos de la oxidación, que son los responsables de la aparición de la rancidez (BTSA, 2014).

Mi objetivo es cuantificar la oxidación en una muestra de aceite de sésamo midiendo la cantidad de hidroperóxidos que se producen. Para la formación de estos compuestos, necesitaremos oxidar los ácidos grasos con dicromato (VI) de potasio. Este es un fuerte oxidante que, en medio ácido, es naranja y puede reaccionar con un alcohol, reduciéndose y ganando electrones, y pasa a ser de color verde:



Si la oxidación es muy alta, se producirán más hidroperóxidos, lo que hará que se emita más luz verde (color de la disolución, es decir, el complementario) y, por lo tanto, se absorba más luz roja (650-780 nm), asumiendo que el color de la disolución será verde-azulado:

En la siguiente tabla, la columna del "color" indica la porción del espectro que es absorbida, mientras que la correspondiente al "color complementario" indica la porción de radiación electromagnética que no absorbe la muestra y que por tanto es transmitida a través de ella y puede ser captada por el ojo humano (color de la disolución).

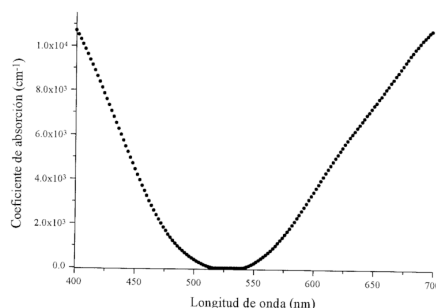
$\lambda$ (nm)	Color	Color Complementario
380-435	Violeta	Verde-amarillo
435-480	Azul	Amarillo
480-490	Azul-verdoso	Anaranjado
490-500	Verde-azulado	Rojo
500-560	Verde	Púrpura
560-580	Verde-amarillo	Violeta
580-595	Rojo	Azul
595-650	Anaranjado	Azul-verdoso
650-780	Rojo	Verde-azulado

**Figura 3. Tabla de datos para espectroscopia (UV, 2017)**

Esta relación de proporcionalidad directa la explica la Ley de Beer:

$$A = ecb$$

En la que la  $A$  es la absorbancia, la  $e$  la absortividad molar ( $\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), la  $c$  la concentración del soluto ( $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) y la  $b$  el camino óptico recorrido por la luz (ANMAT). El camino óptico se considera como 1 cm (UV, 2017) y, en este caso, la  $e$  corresponde a  $8,0 \cdot 10^3 \text{cm}^{-1}$ :



**Figura 4. Valores correspondientes a  $\epsilon$  en función de  $\lambda$  (Raúl J, 2011)**

Conociendo esta proporcionalidad, en este experimento espero observar una mayor concentración de hidroperóxidos a medida que aumenta la temperatura y, por lo tanto, una mayor rancidez oxidativa y absorbancia de la luz roja.

### 3. Metodología

#### Variables

Variable independiente	Temperatura de almacenamiento del aceite de sésamo	-10,0 °C, 5,0 °C, 25,0 °C, 40,0 °C y 65,0 °C
Variable dependiente	Concentración de hidroperóxidos	Con absorbancia medida en colorímetro ( $\pm 0,001$ )
Variables controladas	-Entorno del experimento -Tipo de aceite -Tiempo de almacenamiento del aceite en cada temperatura -Volumen de aceite en cada muestra	-Temperatura y presión ambiental (25,0 °C y $100 \cdot 10^3$ Pa) y taparé los vasos con parafilm para evitar su completa exposición al aire. -Misma botella de aceite para todos los ensayos. -30 minutos. -8 cm <sup>3</sup>

#### Procedimiento

1. Dejar calentar el colorímetro durante media hora.
2. Con una pipeta de vidrio de 10 cm<sup>3</sup> y una pera, llenar un vaso de precipitados con 10 cm<sup>3</sup> de aceite de sésamo.
3. Sabiendo que necesito añadir 8 cm<sup>3</sup> de dicromato (VI) de potasio 1M, y tengo este reactivo en forma de polvo, calcular la masa necesaria para preparar una disolución de 10 cm<sup>3</sup> (para prevenir posibles pérdidas del reactivo en la posterior preparación de las muestras):

$$M = \frac{n}{V} = n = M \cdot V \Rightarrow n_{K_2Cr_2O_7} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol } K_2Cr_2O_7$$

$$Mr (K_2Cr_2O_7) = 294,18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = n \cdot Mr \Rightarrow m_{K_2Cr_2O_7} = 2,35 \text{ g } K_2Cr_2O_7$$

4. Como voy a utilizar 8 cm<sup>3</sup> por cada muestra, en total necesitaré 120 cm<sup>3</sup> y, por lo tanto, 282 gramos de dicromato (VI) de potasio. Para ello, utilizaré un matraz aforado de 250 cm<sup>3</sup>, en el que añadiré los 282 gramos de

reactivo y, con una pipeta de vidrio de  $10\text{ cm}^3$ , iré añadiendo agua destilada hasta completar los  $250\text{ cm}^3$  y obtener una disolución 1M. A continuación, transferir esta mezcla a un vaso de precipitados de  $250\text{ cm}^3$  y colocarlo (con un imán dentro) en el calefactor con agitador magnético para facilitar la disolución.

5. En la campana, con otra pipeta de vidrio de  $10\text{ cm}^3$ , pipetear los  $8\text{ cm}^3$  de la disolución de dicromato (VI) de potasio e introducirlos en el vaso de precipitados del aceite.
6. A continuación, con otra pipeta de vidrio de  $2\text{ cm}^3$ , añadir a la mezcla  $1\text{ cm}^3$  de ácido sulfúrico 1M (ya viene preparado comercialmente), que actúa como catalizador para acidificar la solución.
7. Con una pipeta de Pasteur de plástico, llenar la cubeta del colorímetro.
8. Añadir en otra cubeta agua destilada e introducir ambas cubetas en el colorímetro. Seleccionar la longitud de onda de  $650\text{ nm}$  (color rojo) y calibrar el colorímetro escogiendo el agua destilada como 0.
9. Medir la absorbancia de la muestra de aceite oxidado a temperatura ambiente.
10. Repetir este procedimiento dos veces más, para disminuir la posibilidad de errores aleatorios.
11. Añadir en un vaso de precipitados  $10\text{ cm}^3$  de aceite de sésamo (con una pipeta de vidrio) y taparlo con parafilm.
12. Introducirlo en la nevera ( $5,0\text{ }^\circ\text{C}$ ) y esperar 30 minutos para que se enfríe.
13. Al extraer el aceite de la nevera, retirar el parafilm y añadirle los  $8\text{ cm}^3$  de dicromato (VI) de potasio y  $1\text{ cm}^3$  de ácido sulfúrico (en campana).
14. Repetir los pasos 7, 8, 9 y 10.
15. Repetir este mismo proceso introduciendo las muestras en el congelador ( $-10,0\text{ }^\circ\text{C}$ ) y en dos baños de agua ( $40,0\text{ }^\circ\text{C}$  y  $65,0\text{ }^\circ\text{C}$ )

### Seguridad y gestión de residuos

Hay que tener especial cuidado con los baños de agua, ya que si el agua se evapora completamente puede ser causa de incendio. Asimismo, tanto el ácido sulfúrico como el dicromato de potasio son corrosivos para nuestra piel y nuestro sistema respiratorio, llegando a provocar quemaduras permanentes y

daño pulmonar severo. Por ello, han de ser manipulados con guantes y gafas de seguridad, y bajo una campana de extracción. Según su etiquetado, el ácido sulfúrico puede ser explosivo y corrosivo. Según el etiquetado del dicromato de potasio, este producto es tóxico y peligroso para nuestra salud y para el medioambiente, por lo que se ha de eliminar como residuo peligroso.

#### 4. Resultados

##### Observaciones cuantitativas

En primer lugar, los resultados observados de las absorbancias del aceite de sésamo en los 15 ensayos en total fueron los siguientes:

Temperatura (°C) ( $\pm 0,5$ )	-10,0	5,0	25,0	40,0	65,0
Absorbancia del aceite de sésamo (A) ( $\pm 0,001$ )					
Ensayo 1	1,951	2,172	2,271	2,532	2,722
Ensayo 2	1,802	2,124	2,450	2,510	2,804
Ensayo 3	2,051	2,201	2,483	2,667	2,768

**Tabla 1: Absorbancia (A) ( $\pm 0,001$ ) del aceite de después de someterlo a distintas temperaturas (°C) ( $\pm 0,5$ ) y de reaccionar con el dicromato (VI) de potasio.**

A continuación, voy a realizar una media aritmética de los valores de la absorbancia para obtener uno final por cada ensayo, y trabajar con ese dato.

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^3 A_i}{3} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

Por ejemplo, a temperatura ambiente, la absorbancia media (aproximada a cuatro cifras significativas) sería:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^3 A_i}{3} = \frac{2,271 + 2,450 + 2,483}{3} = 2,401 \pm 0,003 A$$

La incertidumbre de  $\bar{A}$  será la suma de las incertidumbres de las absorbancias, es decir,  $\pm 0,003$ , ya que todas han sido medidas con el mismo colorímetro.

Temperatura (°C) ( $\pm 0,5$ )	Absorbancia promedio (A) ( $\pm 0,003$ )
-10,0	1,934
5,0	2,165
25,0	2,401
40,0	2,569



65,0	2,764
------	-------

**Tabla 2: Absorbancia (A) ( $\pm 0,003$ ) promedio del aceite de sésamo después de someterlo a distintas temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $\pm 0,5$ ) y oxidarlo.**

A partir de estos datos, según la ley de Beer explicada anteriormente, puedo calcular la concentración de hidroperóxidos para cada condición de temperatura:

$$A = ecb \Rightarrow c = \frac{A}{eb}$$

Siendo  $b = 1 \text{ cm}$  y  $e = 8,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$ .

Por ejemplo, a temperatura ambiente, la concentración de hidroperóxidos (aproximada a tres cifras significativas) sería:

$$c = \frac{2,401}{1 \cdot 8,0 \cdot 10^3} = 3,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

A continuación, voy a calcular la incertidumbre porcentual de la concentración de hidroperóxidos. En primer lugar, como la  $b$  y la  $e$  son constantes, el error absoluto de la concentración es el mismo que el de la absorbancia. Por lo tanto, podemos calcular la incertidumbre relativa con la siguiente fórmula:

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100$$

En el caso del ensayo a temperatura ambiente, la incertidumbre relativa expresada con tres cifras significativas sería:

$$\%c = \frac{\pm 0,003}{2,401} \cdot 100 = \pm 0,125 \%$$

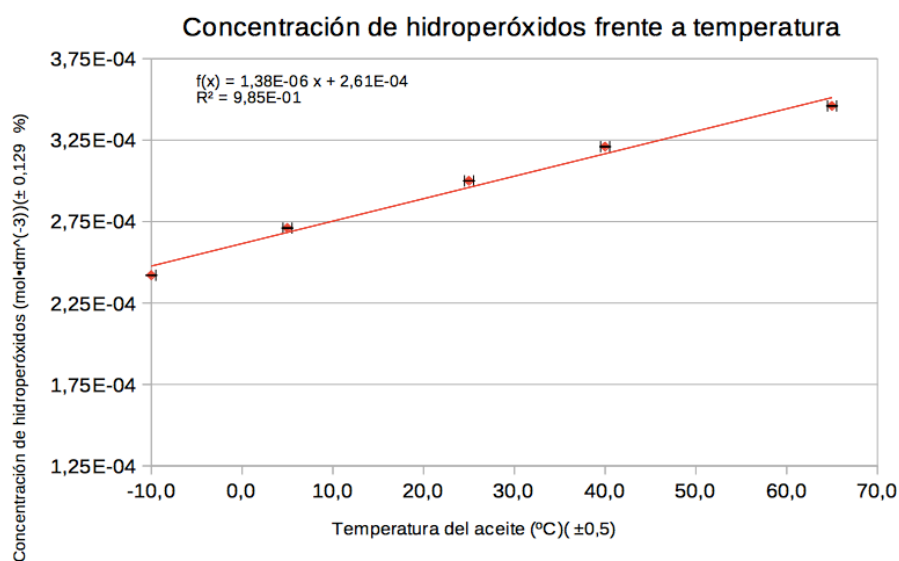
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )( $\pm 0,5$ )	Absorbancia (A)( $\pm 0,003$ )	Concentración de hidroperóxidos ( $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )( $\pm \%$ )
-10,0	1,934	$2,42 \cdot 10^{-4} \pm 0,155 \%$
5,0	2,165	$2,71 \cdot 10^{-4} \pm 0,139 \%$
25,0	2,401	$3,00 \cdot 10^{-4} \pm 0,125 \%$
40,0	2,569	$3,21 \cdot 10^{-4} \pm 0,117 \%$
65,0	2,764	$3,46 \cdot 10^{-4} \pm 0,109 \%$

**Tabla 3: Concentración de hidroperóxidos del aceite (c) ( $\pm \%$ ) según la absorbancia del aceite de sésamo (A) ( $\pm 0,003$ ) medida a distintas temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $\pm 0,5$ ).**

Con esta tabla, se puede observar cómo, al aumentar la temperatura, aumenta la concentración de hidroperóxidos y la absorbancia.

Por último, voy a hallar la gráfica final que muestra la relación entre la concentración de hidroperóxidos del aceite y la temperatura a la que se encuentra. En ella incluyo la línea de mejor ajuste, la ecuación de la recta y el coeficiente de relación ( $R^2$ ). Asimismo, calculo la media de las incertidumbre porcentuales para poder incluirla también en el gráfico:

$$\overline{\%c} = \frac{0,155 + 0,139 + 0,125 + 0,117 + 0,109}{5} = \pm 0,129 \%$$



**Figura 3: Representación gráfica de la concentración de hidroperóxidos de aceite de sésamo oxidado ( $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) ( $\pm 0,129 \%$ ) frente a una temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $\pm 0,5$ ) sometido durante 30 minutos.**

La ecuación de la línea de mejor ajuste es  $y = 1,38 \cdot 10^{-6}x + 2,61 \cdot 10^{-4}$ . Al ser un coeficiente positivo, esto indica una correlación positiva entre la temperatura del aceite oxidado y su concentración de hidroperóxidos. Por otra parte, la incertidumbre relativa de la concentración de hidroperóxidos es tan pequeña que no resulta apreciable en la gráfica.

### Observaciones cualitativas

El aceite de sésamo de los 15 ensayos diferentes era denso y de un color amarillento translúcido. Al dejarlo estar 30 minutos a diferentes temperaturas, se pudo observar unos cambios evidentes tanto en el color del aceite como en su

consistencia. En primer lugar, las muestras que habían sido sometidas a las temperaturas más bajas (-10,0 °C) se convirtieron en un sólido frío, viscoso y denso que hubo que dejar reposar un poco antes de poder disolverlo con el dicromato de potasio. Esto pudo suponer un pequeño error sistemático en el experimento, ya que la temperatura a la que oxidé esas muestras de aceite no era exactamente de -10,0 °C. Por otra parte, el aceite de las muestras sometidas a altas temperaturas (40,0 °C, 65,0 °C) presentaban un color más claro que el inicial y una consistencia más líquida. En todos los ensayos, al acidificar la solución de aceite con dicromato de potasio, se podía observar cómo la reacción liberaba calor y adquiría un tono marrón bastante oscuro.



## 5. Evaluación y conclusión.

Como podemos observar en la última gráfica, con este experimento he respondido a mi pregunta de investigación, ya que he podido apreciar un cambio en la rancidez oxidativa del mismo aceite de sésamo según diferentes temperaturas. He deducido que la concentración de hidroperóxidos de un aceite oxidado y la temperatura a la que ha sido almacenado guardan una relación lineal: es decir, a mayor temperatura de almacenamiento del aceite, su concentración de hidroperóxidos aumenta de forma proporcional.

Así, podemos afirmar que, al aumentar la temperatura del aceite de sésamo, se ha producido una lipólisis de los triglicéridos contenidos en este aceite. Como he explicado en el marco teórico, los ácidos grasos libres formados tras esta rotura son los que han sido oxidados. Por lo tanto, cuanto más calor ha sido

aplicado a la muestra de aceite, mayor ha sido la producción de hidroperóxidos tras la oxidación y, por lo tanto, la rancidez oxidativa del aceite.

En la tabla 1 ya se muestra como el aceite oxidado almacenado a temperaturas mayores absorbe una cantidad más notable de luz. A continuación, es en la tabla 3 donde se ve esta relación aplicada a la concentración de hidroperóxidos gracias a la Ley de Beer, y se demuestra que, como ya comento en el marco teórico, la temperatura y esta concentración presentan una proporcionalidad lineal y directa. Esta correlación se ve respaldada por la figura 3, cuya función es una recta. Asimismo, la línea de mejor ajuste pasa por las barras de errores de los 5 puntos, y el coeficiente de relación es de 0,99 (aproximado a tres cifras significativas), lo que refleja una alta precisión de los datos mostrados en la tabla 3 y representados en la figura 3.

#### Posibles mejoras

El principal error sistemático en este experimento fue el cambio de temperatura al extraer el aceite de su lugar de almacenaje para llevarlo a la campana y así poder oxidarlo. Este error es notable sobre todo en las muestras almacenadas a temperaturas más extremas (-10,0 °C y 65,0 °C), ya que esas son las que sufren una mayor diferencia de temperatura con la temperatura ambiente y, por lo tanto, una transferencia de calor. He pensado que se podría minimizar este error calentando o enfriando las muestras de aceite ya oxidadas para que, una vez hubiesen alcanzado la temperatura deseada, se midiese rápidamente la absorbancia en el colorímetro.

Asimismo, en mi laboratorio no contaba con dicromato de potasio líquido y tuve que preparar una disolución con agua, pero para mezclarla utilicé un calefactor con agitador magnético ya que, sino, el oxidante precipitaba rápidamente. Como el calefactor con agitador magnético aporta calor, es posible que, al mezclar el reactivo con las 15 muestras de aceite, hubiese un aumento de la temperatura debido al dicromato de potasio disuelto. Este error también se podría disminuir calentando o enfriando las muestras después de haber añadido el dicromato de potasio y el ácido sulfúrico.

Por otra parte, tapé los vasos de precipitados con parafilm para que no hubiese un aporte más de oxígeno procedente del exterior (además del oxidante), sin embargo, no tuve en cuenta la luz del experimento como otro factor que puede oxidar el aceite. Una posible solución para esto sería recubrir con papel de aluminio los vasos de precipitados y evitar así el contacto con la luz.

Por último, observando la figura 3, me he dado cuenta de que el valor de la concentración de hidroperóxidos del aceite almacenado a 65,0 °C no parece aumentar con la misma proporción con la que lo hacen los demás valores. Por ello, pienso que si hubiese escogido otro valor más entre los 40,0 °C y los 65,0 °C, tendría un dato más para poder conseguir una línea de mejor ajuste más precisa.

A partir de esta observación, me planteé otra posible ampliación de la investigación, que consiste en explorar el aumento de la rancidez oxidativa del aceite a temperaturas superiores a 65,0 °C, ya que cabe la posibilidad de que haya una menor variación de los datos de las concentraciones de hidroperóxidos que en este trabajo de investigación.

Asimismo, otra idea que me he planteado, sabiendo que la oxidación es una reacción en cadena, es averiguar cuánto tiempo habría que dejar reposar una muestra de aceite oxidado hasta que su concentración de hidroperóxidos fuese constante, es decir, no tuviese más ácidos grasos libres por oxidar. En este caso, la variable independiente sería el tiempo de reposo del aceite oxidado, y la temperatura debería mantenerse constante.

En conclusión, con este experimento he podido contestar a la pregunta de investigación que me planteaba, confirmando que la temperatura a la que es almacenado y oxidado un aceite afecta a su concentración de hidroperóxidos y, por lo tanto, a su rancidez oxidativa.

## 6. Bibliografía

- ANMAT (2014). “Espectrofotometría ultravioleta y visible”. Disponible en: [http://www.anmat.gob.ar/webanmat/mercosur/ACTA01-14/AGREGADO XVI/2-14/uni XIV/Anexo 4 Espectrofotometria UV V2.pdf](http://www.anmat.gob.ar/webanmat/mercosur/ACTA01-14/AGREGADO_XVI/2-14/uni_XIV/Anexo_4_Espectrofotometria_UV_V2.pdf)
  
- BTSA (2018). “El proceso de oxidación de las grasas”. Disponible en: <https://natural.btsa-es.com/blog/el-proceso-de-oxidacion-de-los-lipidos>
  
- CSR laboratorio (2018). “Acidez del aceite de oliva”. Disponible en: [http://www.csrsestados.com/joomla/index.php?option=com\\_content&view=article&id=110](http://www.csrsestados.com/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=110)
  
- Hemeroteca natural (2017). “Ácido linoleico”. Disponible en: [http://hemerotecanatural.com/contentpage.php?menu=1&submenu=4&texto\\_id=41](http://hemerotecanatural.com/contentpage.php?menu=1&submenu=4&texto_id=41)
  
- Lublearn (2017). “Identificando las etapas de la oxidación del aceite”. Disponible en: <http://noria.mx/lublearn/identificando-las-etapas-de-la-oxidacion-del-aceite/>
  
- Quimicas.net (2018). “La Glicerina”. Disponible en: <https://www.quimicas.net/2015/07/la-glicerina.html>
  
- Research Gate (2011). “Valores correspondientes al coeficiente de absorción ( $\alpha$ ) en función de la longitud de onda.”. Disponible en: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Valores-correspondientes-al-coeficiente-de-absorcion-a-en-funcion-de-la\\_fig2\\_276224349](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Valores-correspondientes-al-coeficiente-de-absorcion-a-en-funcion-de-la_fig2_276224349)
  
- Smokefoot (2011). “Triglyceride Tallow”. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:TriglycerideTallow.png>
  
- Universidad de Valencia (2016). “Espectroscopia”. Disponible en: [https://www.uv.es/qflab/2016\\_17/descargas/cuadernillos/qf1/castellano/Teoria/Absorbancia.pdf](https://www.uv.es/qflab/2016_17/descargas/cuadernillos/qf1/castellano/Teoria/Absorbancia.pdf)