



## RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE REFINACIÓN DE ACEITE DE SOYA COMO FUENTE POTENCIAL DE SUSTANCIAS BIOACTIVAS

### RESUMEN

El aprovechamiento de residuos industriales es una demanda prioritaria a nivel nacional e internacional, por cuestiones de sustentabilidad, ya que la enorme producción de los mismos es una consecuencia natural de la actividad humana. Puntualmente, de la etapa de desodorización en el proceso de refinación de aceite de semillas oleaginosas se obtiene un subproducto denominado genéricamente ácidos grasos destilados (AGD's), el cual, es objeto de estudio de esta revisión. Varios autores reportan que dicho subproducto resulta ser rico en fitoesteroles, tocoferoles y escualeno, que son sustancias bioactivas ya que producen efectos hipocolesterolémicos, antioxidantes y emolientes entre otros; por lo tanto, se les considera útiles en la prevención de enfermedades cardiovasculares y degenerativas.

En este trabajo se presenta una revisión de la información que existe acerca de la composición química de estos residuos en cuanto al contenido de dichas sustancias fisiológicamente activas, como base científica para un potencial aprovechamiento por parte de la industria alimentaria y farmacéutica.

M. A. Núñez González<sup>1</sup>, C. A. Amaya Guerra<sup>1</sup>, J. Báez González<sup>1</sup>, C. J. Aguilera González<sup>1</sup>, S. Moreno Limón<sup>1</sup>, J. Rodríguez Rodríguez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Av. Universidad s/n, C. P. 66455, Cd. Universitaria San Nicolás de los Garza, Nuevo León.

<sup>2</sup> Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, Ave. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, NL 64849, México. Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur Col. Tecnológico C.P. 64849, Monterrey, Nuevo León, México.

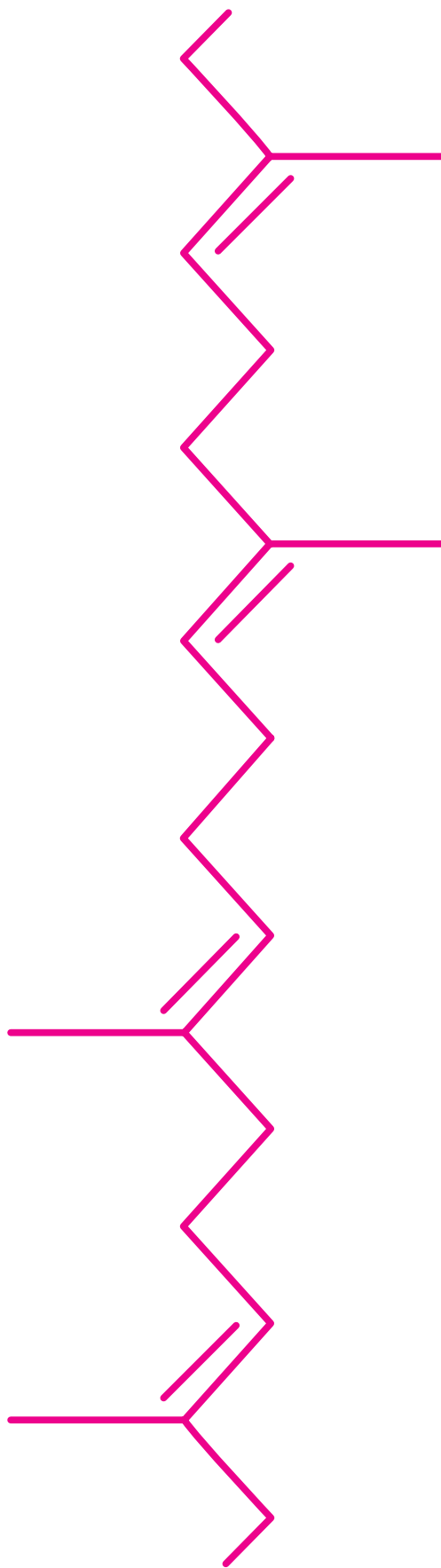
## INTRODUCCIÓN

Una demanda actual a nivel mundial es la disminución y/o aprovechamiento de los subproductos generados en los procesos. En la industria de extracción y refinación de aceite vegetal, la optimización de cada una de las etapas y la caracterización de los subproductos generados en las mismas para su potencial aprovechamiento son un tema de investigación

Durante el proceso de refinación, específicamente en la etapa de desodorización se genera un subproducto conocido como ácidos grasos destilados (AGD 's) del cual existen reportes que indican su alto contenido de componente menores tales como fitoesteroles, tocoferoles y escualeno, sustancias biológicamente activas con alto valor en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética Costa et al. (2011).

La industria de extracción de aceite de semillas oleaginosas es una actividad económica importante. El aceite que se obtiene debe ser refinado para su uso comestible, este proceso consiste en una serie de etapas, entre ellas la desodorización, en la que se eliminan sustancias volátiles responsables de características organolépticas indeseables (color, olor, sabor). El producto residual obtenido (AGD 's), contiene en su mayoría cetonas o aldehídos de peso molecular bajo y en ocasiones ácidos grasos libres de menos de 12 átomos de carbono, esteroides, escualeno y tocoferoles Dumont et al. (2007).

El propósito de la presente revisión fue recopilar la información que existe acerca de la composición de subproductos de la industria alimentaria, específicamente del subproducto denominado ácidos grasos destilados de aceite soya (AGD 's) provenientes de la industria de refinación de aceite vegetal, concretamente del proceso de desodorización, como fuente potencial de fitoesteroides, escualeno y tocoferoles, que son sustancias fisiológicamente activas como hipocolesterolémicos y antioxidantes naturales que juegan un papel muy importante en la nutrición de humanos y animales.



## OLEAGINOSAS

Las oleaginosas son plantas utilizadas para la producción de aceites y grasas comestibles. Su rasgo característico es el alto contenido de aceite, generalmente de 20% en peso o mayor Willms et al. (1999), Matthäus y Brül (2001). La Tabla 1 muestra los contenidos de aceite de las semillas más utilizadas a nivel mundial.

**Tabla 1.** Contenido y producción de aceite de oleaginosas. Editada de Miyahara, 1993.

Oleaginosa	Contenido de aceite (%)
Canola	40 - 45
Maíz	3.1 - 5.7
Semilla de algodón	18 - 20
Cacahuete	45 - 50
Cártamo	30 - 35
Soya	18 - 20
Girasol	35 - 45

### Soya

La soya es una planta herbácea que pertenece a la familia Fabáceae, cuyo nombre científico es *Glycine max L.*, de la cual se aprovecha la semilla. En México representa el principal cultivo oleaginoso, Financiera Rural (2013), siendo en 2011 el 38% de la superficie sembrada destinada a este grupo (167 mil de 439 mil ha), así como el 44.3% del volumen producido (205 mil de 463 mil toneladas) y el 37.3% del valor total de las oleaginosas (1289 de 3452 millones de pesos). Los principales consumidores de soya a nivel nacional son

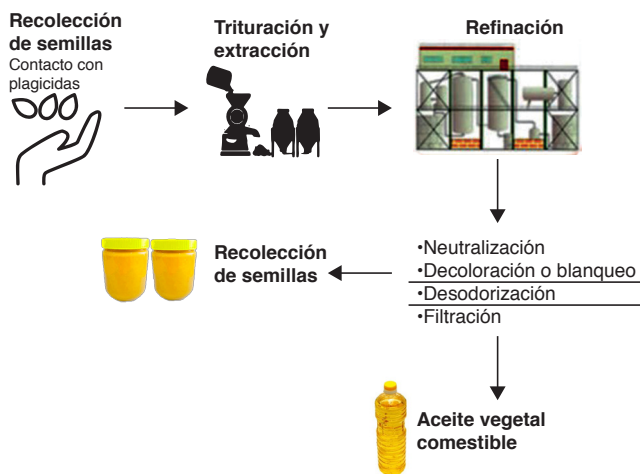
la industria aceitera y pecuaria. La industria aceitera utiliza la soya para la extracción y transformación de aceite, para uso comestible principalmente. Por otro lado, la industria pecuaria utiliza principalmente la pasta o harina de soya, la cual también es un subproducto de la extracción de aceite, por su alto nivel de proteínas (cerca del 40%) y bajo nivel de toxicidad (Dumont y Suresh, 2007). Estos usos han permitido que la soya sea considerada como uno de los cultivos más rentables en el mundo (Financiera Rural, 2013).

### Producción y refinación del aceite vegetal

Para obtener aceite comestible de las semillas de oleaginosas se requiere una serie de procesos. El primero es la separación o extracción del aceite de la semilla mediante extracción química o separación física. Después de varios procedimientos, pasa de aceite crudo a producto comestible (Figura 1).

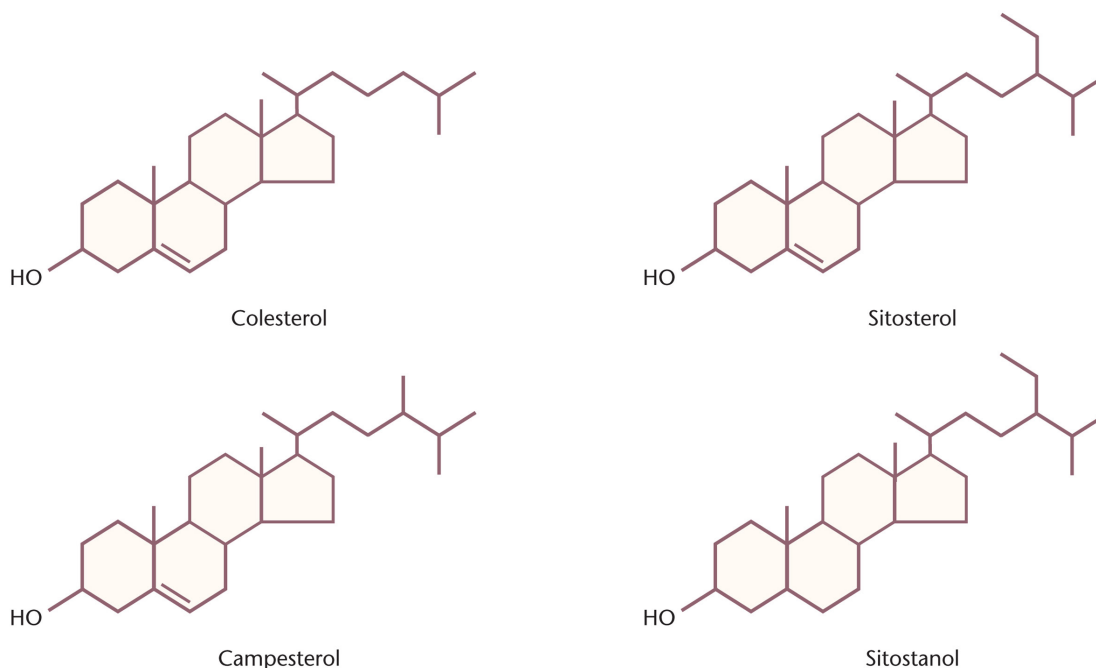
Un factor importante durante todo el proceso es evitar la oxidación y la hidrólisis de los aceites, ya que afectan su calidad. La oxidación se origina por la exposición al oxígeno y puede ser acelerada con calor, esta provoca problemas de olor y estabilidad de sabor. La hidrólisis ocurre siempre que los aceites entren en contacto con agua generando ácidos grasos libres (O'Brien et al. 2000).

El objetivo de la refinación del aceite es remover algunas sustancias presentes en el mismo, para así satisfacer los estándares de calidad en sabor, apariencia y estabilidad. Los procesos unitarios asociados usualmente son el desgomado, blanqueo



**Figura 1.** Esquema del proceso de producción y refinación del aceite vegetal.





**Figura 2.** Estructura química del colesterol y de los principales fitoesteros y fitoestanos (López, 2005).

y desodorizado. Las gomas (fosfolípidos) y los complejos metálicos se remueven en el desgomado y los productos de oxidación y pigmentos son eliminados durante el blanqueamiento, proceso que también remueve cualquier traza de gomas y jabones (Wiedermann, 1981). Finalmente, es necesario un proceso de desodorización, que consiste en una destilación por arrastre de vapor. El vapor se inyecta al aceite a baja presión (1 a 6 mm Hg) y a una temperatura de 252 a 266 °C para destilar los ácidos grasos libres y los compuestos causantes de mal olor (Erickson, 1995).

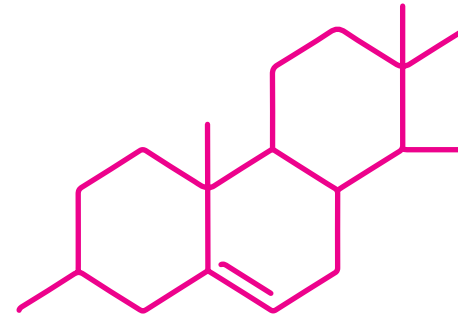
La desodorización de los aceites vegetales tiene la finalidad de eliminar sustancias que imparten sabores y olores indeseables a los mismos. Esta operación es una de las etapas finales en el proceso de refinación de aceites vegetales utilizado actualmente y se lleva a cabo por destilación, mediante arrastre con vapor, de las sustancias más volátiles presentes en el aceite extraído. Junto con las sustancias que producen aromas indeseables al aceite (productos de oxidación como aldehídos, cetonas, etc.) se destilan en parte, otros componentes minoritarios del aceite, tales como ácidos grasos libres, tocoferoles, esteroides, escualeno, mono y diglicéridos, algo de triglicéridos, hidrocarburos pesados y otros componentes menores. Estos subproductos se denominan como ácidos grasos destilados (AGD's) y las condiciones de desodorización (temperatura, presión, tiempo de residencia), influyen en su composición de los mismos (O'Brien et al. 2000).

Este subproducto, normalmente se mezcla con otros efluentes del proceso de refinación y de esta manera se comercializa con un bajo valor a otras industrias relacionadas. Sin embargo, las características de algunos de los componentes presentes sugieren la conveniencia de un tratamiento que permita separar los compuestos de mayor valor. En algunas industrias de refinación de aceites, este destilado se vende a empresas que recuperan algunos de sus componentes. El precio de este destilado se basa generalmente en su contenido de tocoferoles, aunque en ocasiones también el contenido de esteroides ha sido considerado (Pramparo, 2005).

## Fitoesteroides

Los esteroides y estanoles vegetales (a los que se refiere colectivamente como fitoesteroides) son constituyentes normales de la dieta humana (Figura 2). Los fitoesteroides y sus formas reducidas, son esteroides de origen vegetal ampliamente distribuidos en la naturaleza y cuya estructura es muy similar a la del colesterol. Dichos compuestos como el campesterol, el  $\beta$ -sitosterol y el estigmasterol están ampliamente distribuidos en las plantas en cantidades variables (Hovenkamp et al. 2008).

El promedio de ingesta diaria de fitoesteroides en los países occidentales es aproximadamente de 250 mg/día, principalmente provenientes de aceites vegetales, cereales, frutos secos, etc. Estos son componentes bioactivos menores de los lípidos, es



decir, tienen un efecto positivo en la salud humana. Los aceites vegetales contienen solo 0.1-1% de fitoesteroles. Se ha reportado, que dosis de 3.1 g de fitoesteroles por día podrían proporcionar beneficios para la salud. Lo anterior, indica que se requieren fitoesteroles en una forma concentrada y de calidad alimentaria, lo que ha generado un interés creciente en la preparación de alimentos enriquecidos con fitoesteroles para su uso como nutraceutico (Meijer, 1999); (Dagat, 2000); Ling y Jones (1995).

Desde hace años se conoce que los fitosteroles producen efectos hipocolesterolemicos cuando son ingeridos en el rango de 1-3 g/día, por lo cual se les considera como importantes aliados en la prevención de las enfermedades cardiovasculares, siendo su consumo indicado para individuos con hipercolesterolemias leves o moderadas (Gonzalez et al. 2012). El efecto hipocolesterolemico es atribuido a tres acciones metabólicas: a) inhibición de la absorción intestinal de colesterol, por competencia durante la incorporación a las micelas mixtas; b) disminución de la esterificación del colesterol en los enterocitos, al inhibir la actividad de la enzima acilCoA-colesterol-acil transferasa; c) estimulación del eflujo de colesterol desde los enterocitos hacia el lumen intestinal, al aumentar la actividad y la expresión de un transportador de tipo ABC. La acción conjunta de los esteroles y/o estanoles sobre estos mecanismos produce una disminución del colesterol total plasmático y del colesterol-LDL, sin modificar los niveles del colesterol-HDL. Los fitoesteroles y fitoesteranos constituyen un modelo muy adecuado para el desarrollo de alimentos funcionales (Valenzuela y Ronco, 2004).

Los esteroles en plantas existen como fitoesteroles libres, ésteres de ácido graso y en formas glicosilada y acilada esteril glicosilada. En aceites comestibles los fitoesteroles están presentes en su forma libre y esterificada (Fernandes y Cabral, 2007).

Teixeira et al. (2011), resaltan que los fitoesteroles esterificados tienen mayor interés en la industria alimentaria por ser más biactivos y liposolubles que los fitoesteroles libres, por lo que es fácil incorporarlos en productos grasos para la producción de alimentos funcionales, además, existen diversos reportes que promueven los fitoesteroles para

alimentos funcionales o saludables por su actividad antioxidante y estabilidad térmica, por ello se usan en diferentes productos alimenticios como yogur, zumos de frutas, bebidas y también los aceites de cocina (Wang et al. 2002); (Watkins, 2005). El aceite de cocina rico en fitoesteroles puede ser utilizado para producir frituras, pasteles, panes y de esta manera bajar el colesterol en los consumidores (Kochhar, 2000). En el mercado mundial, se comercializan a los restaurantes y empresas de servicios alimentarios que están buscando más formas de controlar el colesterol sin el uso de drogas Makhal et al. (2006).

La refinación química del aceite vegetal es el proceso más usado para la reducción de sustancias responsables de olores desagradables extrayendo una cantidad significativa de productos indeseables (gomas y ácidos grasos destilados). El subproducto generado en el proceso es una fuente de componentes valiosos, como los ácidos grasos libres, monoacilglicerol (MAG), diacilglicerol (DAG), triglicéridos (CTC), esterol y tocoferoles. La extracción de estos componentes de los destilados de desodorización y su conversión en productos de valor ha sido objeto de varias investigaciones (Haas et al. 1996, 2000) y 2003). Existen varios estudios que reportan concentraciones variables de fitoesteroles en AGD's, estos se muestran en la Tabla 2.

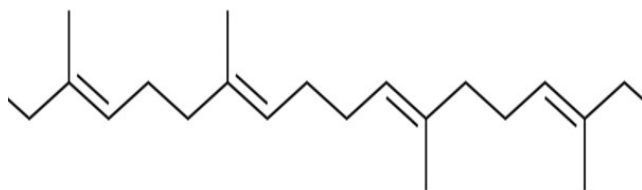
**Tabla 2.** Referencias que reportan diferentes concentraciones de fitoesteroles en AGD's.

REFERENCIA	% p/p de Fitoesteroles en AGD's
Dumont & Suresh, 2007	7.1
Khaton et al., 2009	6.1-7.8
Verleyen et al., 2001	15.26
Ito et al., 2005	20

## Escualeno

El escualeno, es un isoprenoide de 30 carbonos (Figura 3), presente en la fracción lipídica no saponificable de algunos alimentos, y es abundante en el aceite de hígado de tiburón (*Squalus spp.*), el aceite de oliva y el amaranto (He y Corke, 2003). Se ha reportado que el escualeno es un importante agente quimiopreventivo del cáncer (Smith, 2000). Más recientemente, se ha demostrado que este

compuesto actúa como un antídoto para reducir toxicidad inducida por drogas, lo que puede ser atribuido a su función como un antioxidante Aguilera et al. (2005) y Senthilkumar et al. (2006).



**Figura 3.** Estructura química del escualeno.

Su importancia como suplemento dietético está ligada a la capacidad de reducir los niveles de colesterol y triglicéridos Chan et al. (1996); Zhang et al. (2002).

Por otra parte, el escualeno también se utiliza en su forma natural o hidrogenada en la formulación de cosméticos por sus propiedades como humectante o agente emoliente. Sin embargo, su uso en aplicaciones cosméticas ha sido limitado ya que existe una preocupación por la conservación de las especies marinas a nivel internacional, por lo que resulta importante establecer fuentes alternas para el suministro de este hidrocarburo.

Pramparo (2005), reporta niveles de escualeno en AGD's de 1.19 % p/p, mientras que Dumont y Suresh (2007) y Guanawn et al. (2007) establecen contenidos de 5.5 y 1.83 % p/p respectivamente, por otro lado, Verleyen et al. (2001) encuentran concentraciones de 0.9 % p/p.

## Tocoferoles

Los Tocoferoles son compuestos con actividad de vitamina E, importantes en la protección de los lípidos insaturados de las membranas celulares contra la oxidación (Benites et al. 2005). La vitamina E considera ocho variantes diferentes:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ -tocoferoles con un fitilo saturado (Figura 4) y  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - y  $\delta$ -tocotrienoles (con un fitilo insaturado). En estudios de prevención del cáncer con vitamina E se ha utilizado principalmente la variante  $\alpha$ -tocoferol (Constantinou, 2008).

El uso del AGD's como un nutriente en la dieta de animales rumiantes como fuente de tocoferoles,

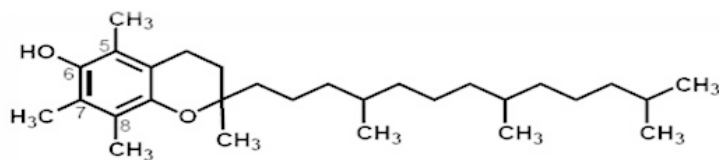
también está reportado. Por lo que, además del aspecto económico, investigaciones con este producto han ido en aumento, en busca de métodos para su empleo (Borher et al. 2002; Moraes et al. 2004), y el estudio de posibles efectos tóxicos del mismo (Oliveira et al. 2005 ; Oliveira et al. 2006).

El  $\gamma$ -tocoferol y más recientemente  $\delta$ -tocoferol, han mostrado una mayor capacidad para reducir la inflamación, la proliferación celular, y la carga tumoral. Asimismo, mezclas enriquecidas con  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ -tocoferoles inhiben el desarrollo de la hiperplasia mamaria y la tumorigénesis en modelos animales (Lee et al. 2009).

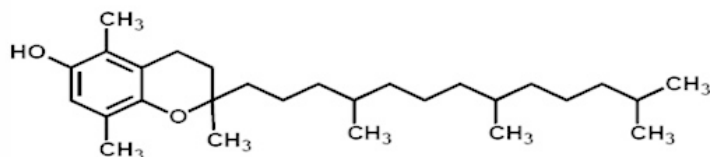
El  $\alpha$ -tocoferol es conocido como la "clásica" vitamina E, se encuentra más comúnmente en germen de trigo, almendras y aceite de girasol. Sin embargo, el  $\gamma$ -tocoferol es más común que el  $\alpha$ -tocoferol en la dieta estadounidense y se encuentra en aceites vegetales como el de soya, maíz y algodón y en los subproductos del aceite de maíz (Traber, 2007). Smolarek y Nanjoo (2011) realizaron una revisión de la actividad quimiopreventiva de la vitamina E para cáncer mamario y concluyeron que los resultados de estudios en donde se expresan los tocoferoles de forma genérica como vitamina E, pueden ser vagos si no se define la variante de tocoferol utilizado. Igualmente, establecen que dicha distinción es muy importante para determinar la eficacia de cada variante tocoferol y su actividad como quimiopreventivo, por lo que existen realmente pocos estudios en los que se especifica ésta.

Benites et al. (2005) reportaron un contenido de tocoferoles totales de 10.44% p/p, en un estudio para evaluar el contenido de estos compuestos después de una etapa de neutralización de los AGD's para su uso potencial como un suplemento en la alimentación de animales.

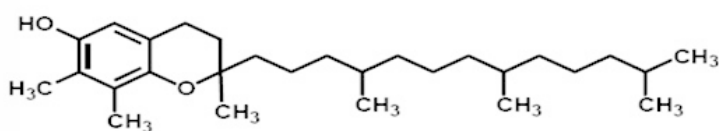
Químicamente, los AGD's son una mezcla compleja de ácidos grasos libres, triglicéridos, cetonas, peróxidos, hidrocarburos, oleínas, esteroides y tocoferoles (Okoshi et al. 2007) y se han usado en la industria alimentaria y farmacéutica como fuente de antioxidantes naturales (De Greyt y Kellens, 2000). Varios autores han estudiado los tocoferoles (vitamina E) presentes en los AGD's. La evaluación de la cantidad de cada tipo de componentes presentes



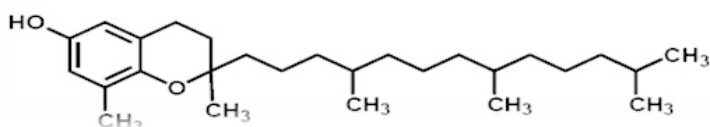
$\alpha$ - Tocoferol



$\beta$ - Tocoferol



$\gamma$ - Tocoferol



$\delta$ - Tocoferol

**Figura 4.** Estructura química de  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ -tocoferoles. Editado de Smolarek y Nanjoo, 2011.

en estos residuos es realmente importante para una buena estimación de su conveniencia económica (Martis et al. 2006b ; Mendes et al. 2005 y 2002; Nagao et al. 2005 y Waranabe et al. 2004).

Brasil es el segundo mayor productor de soya y por lo tanto tiene una gran cantidad de subproducto, viable para la recuperación de tocoferoles (Martins et al., 2006a). Existen diferentes estudios que reportan concentraciones variables de tocoferoles en AGD 's, estos se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Referencias que reportan diferentes concentraciones de tocoferoles en AGD 's.

REFERENCIA	% p/p de tocoferoles en AGD 's
Ito et al., 2005	10.0
Benites et al., 2005	10.44
Verleyen et al., 2001	14.9
Dumont & Suresh, 2007	18.6

## CONCLUSIÓN

El incremento del aprovechamiento de los desechos y subproductos industriales es una necesidad de la industria para cumplir con las normas ambientales, además, la sustitución de ingredientes artificiales por productos naturales ha ganado la atención mundial en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. Con base en los datos presentados en la presente revisión, es posible plantear la factibilidad del aprovechamiento del subproducto de la etapa de deodorización del aceite de soya, por lo que resulta necesario proponer la investigación para estandarizar protocolos de purificación de los compuestos bioactivos presentes tales como fitoesteroles, escualeno y tocoferoles.



## LITERATURA CITADA

- Aguilera Y., M.E. Dorado, F.A. Prada, J. Martínez, A. Quesada, V. Ruiz-Gutiérrez. 2005. The protective role of squalene in alcohol damage in the chick embryo retina. *Experimental Eye Research* 80:535-543.
- Benites C.I., Reis, S.M. Oliveira. 2005. Avaliação de métodos de neutralização do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS). In: II Simpósio Internacional Tendências e Inovações em Tecnologia de Óleos e Gorduras, Florianópolis, SC. Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras. 25-28
- Borher J.R., L.A. Gonçalves, P.E. Felício 2002.  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherol levels in Nelore steer blood plasma after a single oral treatment of soybean oil deodorizer distillate (SODD). *Meat Science*. 61:301-306.
- Chan P., B. Tomlinson, C.B. Lee, Y.S. Lee. 1996. Effectiveness and safety of low-dose pravastatin and squalene, alone and in combination, in elderly patients with hypercholesterolemia. *Journal of Clinical Pharmacology* 36:422-427.
- Constantinou C., A. Papas, A.I. Constantinou. 2008. Vitamin E and cancer: An insight into the anticancer activities of vitamin E isomers and analogs. *International Journal of Cancer* 123:739-752.
- Costa J., J.S. Amaral, I. Mafra, M. B. Oliveira. 2011. Refining of Roundup Ready® soya bean oil: Effect on the fatty acid, phytosterol and tocopherol profiles. *European Journal of Lipid Science and Technology* 113:528-535.
- Dagat D. 2000. Phytoesters: highly promising compounds. *Lipid Technology*. 12:77-84. De Greyt W., M. Kellens. 2000. Refining practice. In: *Edible Oil Processing*. Hamm W., R. J. Hamilton. Ed. Danvers:Blackwell. pp. 281.
- Dumont M. J, S.N. Suresh. 2007. Characterization of flax and soybean soapstocks, and soybean deodorizer distillate by GC-FID. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 84:1101-1105.
- Erickson D.R. 1995. *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*. American Oil Chemists' Society Press: Champaign, IL, 239pp.
- Fernandes P., J.M. Cabral. 2007. Phytosterols: Applications and recovery methods Review. *Bioresource Technology*. 98:2335-2350
- Financiera Rural. 2013. *Semilla para siembra de soya*. México: Financiera Rural. SAGARPA. Guía para la asistencia técnica agrícola de Nayarit. Nayarit: SAPAGARPA.
- González-Larena M, A. Cilla, G. García-Llatas, B. Reyes, M.J. Lagarda. 2012. Plant sterols and antioxidant parameters in enriched beverages: Storage stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60:4725-4734.
- Haas M. J., S. Bloomer. 2000. Simple, high-efficiency synthesis of fatty acid methyl esters from soapstock. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 77:373-379.
- Haas M. J., P.J. Michalski, S. Runyon, A. Nunez, K.M. Scott. 2006. Production of FAME from acid oil, a by-product of vegetable oil refining. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 80:97-102.
- Haas M. J., K.M. Scott. 1996. Combined nonenzymatic-enzymatic method for the synthesis of simple alkyl fatty acid esters from soapstock. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 73:1393-1401.
- He H.P., H. Corke. 2003. Oil and squalene in amaranthus grain and leaf. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:7913-7920
- Hovenkamp E, I. Demonty, J. Plat, D. Lutjohann, R.P. Mensink, E.A. Trautwein. 2008. Biological effects of oxidized phytosterols: a review of the current knowledge. *Progress in Lipid Research* 47:37-49.
- Ito V., P. Martins, C.B. Batistella, M.R. Wolf. 2005. Tocopherols and phytosterols concentration from soybean oil deodorizer distillate. In: *Fourth Mercosur Congress on process systems engineering and 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering*, Rio de Janeiro, Brazil. 1-9.



- Khattoon S., R.G. Raja-Rajan, A.G. Gopala-Krishna. 2009. Physicochemical characteristics and composition of Indian soybean oil deodorizer distillate and the recovery of phytosterols. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 87:321-326.
- Kochhar S.P. 2000. Stable and healthful frying oil for the 21<sup>st</sup> century. *Inform.* 11:642-647.
- Lee H.J., J. Ju, S. Paul S, J.Y. So, A. DeCastro, A. Smolarek, M.J. Lee, C.S. Yang, H.L. Newmark, N. Suh. 2009. Mixed tocopherols prevent mammary tumorigenesis by inhibiting estrogen action and activating PPAR-gamma. *Clinical Cancer Research* 15:4242-4249.
- Ling W.H., P.J.H. Jones. 1995. Dietary phytosterols: a review of metabolism, benefits and side effects. *Life Sci* 57:195-206.
- López Luengo M. Tránsito. 2005. Fitoesteroles y fitoestanoles. Su papel en la prevención cardiovascular. *Farmacéutica* 24(4):90-94.
- Makhal S., S. Mandal, S.K. Kanawjia. 2006. Phytosterols and stanols: the new age in designing novel functional dairy foods. *Indian Food Industry* 25:44-53.
- Matthäus B, L. Brühl. 2001. Comparison of different methods for the determination of the oil content in oilseeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 78:95-102.
- Martins P.F., C.B. Batistella, R. Maciel-Filho, M.R. Wolf-Maciel. 2006a. Comparison of two different strategies for tocopherols enrichment using a molecular distillation process. *Industrial and Engineering Chemistry Research, Washington.* 45:753-758.
- Martins P.F., V. M. Ito, C.B. Batistella, M.R.W. Maciel. 2006b. Free fatty acid separation from vegetable oil deodorizer distillate using a molecular distillation process. *Separation and Purification Technology* 48:78-84.
- Meijer GW. 1999. Blood cholesterol-lowering plant sterols, types, doses and forms. *Lipid Technology* 11:129-132.
- Mendes M.F., F.L.P. Pessoa, G.V. Coelho, A.M.C. Uller. 2005. Recovery of the high aggregated compounds present in the deodorizer distillate of the vegetable oils using supercritical fluids. *Journal of Supercritical Fluids* 34:157-162
- Mendes M.F., F.L.P. Pessoa, A.M.C. Uller. 2002. An economic evaluation based on an experimental study of the vitamin E concentration present in deodorizer distillate of soybean oil using supercritical CO<sub>2</sub>. *Journal of Supercritical Fluids* 23:257-265.
- Miyahara M., Y. Saito. 1993. Pesticide removal efficiencies of soybean oil refining processes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41:731-734.
- Moraes C.M.B., A.C. Oliveira, K.R. Rios. 2004. Vitamina E do destilado da desodorização do óleo de soja e sob forma de fármaco na prevenção à oxidação dos lípidos e da necrose hepática decorrente de dieta deficiente em cistina para ratos. En: XVIII Congresso Brasileiro de Nutrição. Campo Grande. Anais. Campo Grande: ASBRAN. 198.
- Nagao T., T. Kobayashi, Y. Hirota, M. Kitano, C. Kishimoto, T. Fujita, Y. Watanabe, Y. Shimada. 2005. Improvement of a process for purification of tocopherols and sterols from soybean oil deodorizer distillate. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 37:56-62.
- O'Brien R.D., W.E. Farr, P.J. Wan. 2000. Introduction to fats and oils technology. AOCS Press. Champaign, IL, 235-268 pp.
- Okoshi K, J.F.C. Guimarães, B.P. Di Muzio, A.H. Fernandes, M.P. Okoshi. 2007. Diabetic
- Oliveira A.C., S.M. Reis, C.M.B. Moraes, J.S.T. Cunha, L.L. Haidamus, L.M. Feliciano, M.G. Simões. 2005. The use of soy oil deodorization distillate as an alternative source of vitamin E reduced the weight gain of rats. *Revista de Nutrição* 18(5):693-697.
- Oliveira A.C., S.M. Reis, C.I. Benites, L. Cavalheiro, M.B. Souza, M. Faria. 2006. Suplementación com

el Destilado de la Desodorización de Aceite de Soja no causa toxicidad en ratas Wistar. 14<sup>o</sup> Congreso Latinoamericano de Nutrición, Florianópolis. Anales, 118.

Pramparo P.M., S. Prizzon, M.A. Martinello. 2005. Estudio de la purificación de ácidos grasos, tocoferoles y esteroides a partir del destilado de desodorización. *Grasas Aceites* 56:228-234.

Senthilkumar S., T. Devaki T, B.M. Manohar, M.S. Babu. 2006. Effect of squalene on cyclophosphamide- induced toxicity. *Clinica Chimica Acta* 364:335-342.

Smith T.J. 2000. Squalene: potential chemopreventive agent. *Expert Opin Invest Drugs* 9:1841-1848.

Smolarek A.K., N. Suh. 2011. Chemopreventive Activity of Vitamin E in Breast Cancer: A Focus on  $\gamma$ - and  $\delta$ -Tocopherol. *Nutrients* 3: 962-986.

Teixeira A.R.S., J.L.C. Santos, J.G.Crespo. 2011. Production of Steryl Esters from Vegetable Oil Deodorizer Distillates by Enzymatic Esterification. *Industrial & Engineering Chemistry* 50:2865-2875.

Traber M.G. 2007. Vitamin E regulatory mechanisms. *Annual Review of Nutrition* 27:347-362.

Valenzuela B.A., M.A.M. Ronco. 2004. Fitoesteroides y fitoesteroides: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. *Revista Chilena de Nutrición* 21(1):161-169.

Verleyen T., R. Verhe, L. Garcia, K. Dewettinck, A. Huyghebaert, W. De Greyt. 2001. Gas chromatographic characterization of vegetable oil deodorization Distillate. *Journal of Chromatography A* 921:277-285.

Wang T., B.K. Hicks, R. Moreau. 2002. Antioxidant activity of phytosterols, oryzanol, and other phytosterol conjugates. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 79:1201-1206.

Watkins C. 2005. The spread of phytosterols. *Inform* 16:344-345 22.

Wiedermann L.H. 1981. Degumming, refining and bleaching soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 58(3):159-166.

Zhang Z, W.K. Yeung, Y. Huang, Z.Y. Chen. 2002. Effect of squalene and shark liver oil on serum cholesterol level in hamsters. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 53:411-418.

