

AG

ACEITES & GRASAS
Publicación Trimestral de ASAGA
Asociación Argentina de Grasas y Aceites

ISSN 1853-4341

SEPTIEMBRE 2025
Tomo XXXV • Vol. 3
Año 35 • Número:

140

ABSTRACTS WRITTEN
IN ENGLISH

DISPONIBLE EN
VERSIÓN
DIGITAL

Utilización de grasas y aceites en **ALIMENTOS PARA MASCOTAS**

Utilization of Fats and Oils in Pet Food

OTROS TEMAS DE INTERÉS INCLUIDOS EN ESTA EDICIÓN

La ciencia y el arte del buen diseño

Electrificación de plantas de crushing

Silos y acopio de granos. Análisis de los riesgos

Autenticidad del aceite de oliva



desmet

We care about
YOUR investment

Desmet's global engineering centers in Europe and India along with extensive global sourcing & manufacturing delivers value.

All to improve your
Total Cost of Ownership.

SCIENCE BEHIND
TECHNOLOGY

Global solutions provider
for the food, feed & biofuel industries



desmet.com



Calidad y compromiso hacia una producción sustentable.

Nuestra actividad principal es el acondicionamiento y recuperación de subproductos orgánicos generados por la industria aceitera para la producción de oleína vegetal y aceites ácidos.

Nuestra producción, destinada a la alimentación animal y la producción de energía de segunda generación, se ha posicionado exitosamente en el mercado internacional concretando operaciones con países de la comunidad europea y el resto del mundo.

Confiamos en el trabajo en equipo y en la promoción de los valores de liderazgo, sustentabilidad e innovación.



SANTA FE ACEITES S.R.L.

Los Crisantemos Lote N°9 · (2154) Capitán Bermúdez · Santa Fe · Argentina

Tel.: +54 (0341) 4784487 · info@sfaceites.com.ar

www.sfaceites.com.ar

INGENIERIA BERNOULLI

FLUIDODINAMICA Y VACIO
TECNOLOGIA DE CAPA DELGADA AGITADA

SECADORES CONTINUOS DE LECITINA DE PELICULA FINA AGITADA
ESCISION DE GRASAS Y DESTILACION DE ACIDOS GRASOS
EVAPORACION Y DESTILACION DE GLICERINA
DESGASIFICACIÓN DE AGUA

**DESODORIZADORES
BATCH Y REFORMAS**

CONTACTO
+54-11-4792-0392
info@ibernoulli.com

**EVAPORADORES
DE PELICULA
DELGADA**

**DESTILADORES
MOLECULARES**

**SISTEMAS
DE VACÍO**

Eduardo Costa 1220 - B 1641 AFP - Acassuso - Bs As - Argentina - www.ibernoulli.com

EJECTORES Y CONDENSADORES

REFRIGERADORES AL VACÍO

EDUCTORES Y SIFONES

EDUCTOCIRCULADORES PARA TANQUES

CALENTADORES DE LÍNEA

AIREADORES PARA TANQUES Y PILETAS

LAVADORES DE GASES

MEZCLADORES ESTÁTICOS

INTERCAMBIADORES DE CALOR AL VACÍO

EVAPORADORES Y CRISTALIZADORES

SECADO AL VACIO Y LIOFILIZADORES

INTERCAMBIADORES DE SUPERFICIE RASPADA

INTERCAMBIADOR DE CALOR HAIR PIN Y SELF-CLEANING

SEPARADORES MULTILÁMINAS



La tecnología que **deja huella**

Bombas • Válvulas • Repuestos • Mantenimiento • Postventa

➤ **Meyle S.R.L.** es Representante Exclusivo de **KSB**
Compañía Sudamericana de Bombas S.A., atendiendo
en forma directa a más de 250 clientes.



Agrelo 1381
2000 Rosario (SF). Argentina.
Tel.: +54 341 454-6291 (LR)
☎ : +54 9 341 675-6316
meyle@meyle.com.ar
www.meyle.com.ar

TRACSA

- Correas Transportadoras y Elevadoras
- Revestimientos Antiabrasivos de Poliuretano
- Pasta Cerámicas Antidesgaste
- Cerámica Hexagonal
- Cangilones plásticos inyectados
- Plásticos de Ingeniería
- Servicios de empalme Vulcanizado
- Sistema de empalme MATO
- Vulcanizado de poleas
- Rodillos
- Bulonería
- Mordazas para Noria

**CREAMOS
SOLUCIONES**

DNUER

**UREPLY
max**

VELTA

UNIPLY

UNIPOL

mato



SECADOR ROTATIVO
5.000 TPD - SOJA

TNL **TECNAL** | MÁS DE **45** AÑOS
ANTICIPANDO EL FUTURO

EXPANDER
EXP-450
4.000 TPD

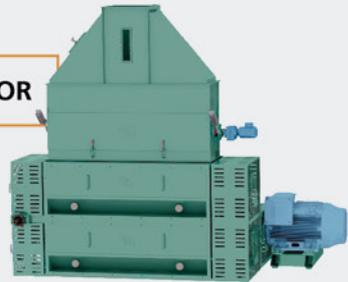


Más de 45.000 TPD de soja son procesadas en zona de Rosario con expander TECNAL

LAMINADOR



QUEBRADOR

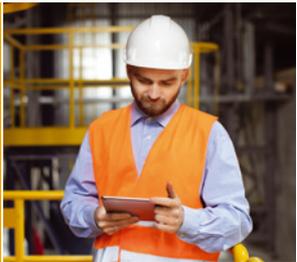
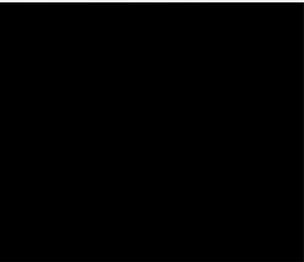


Fabricación integral de equipos para las industrias aceiteras y otros. Más información en: www.tecnal.ind.br

Representante en Argentina:



Agrelo 1381
2000 Rosario (SF). Argentina.
Tel.: +54 341 454-6291 (LR)
☎ : +54 9 341 675-6316
meyle@meyle.com.ar
www.meyle.com.ar



⋮ MIX

- 312 Editorial • *Editor*
- 314 Staff

MISCELÁNEAS - *Miscellany*

- 316 Antioxidantes naturales en la alimentación de canes y gatos
Natural antioxidants in the diet of dogs and cats
- 320 La cruzada anti-científica contra los aceites de semilla
The anti-scientific crusade against seed oils
- 324 Aceites láuricos. Tal para cual
Lauric oils. A perfect match
- 328 Las aerolíneas europeas superan a las estadounidenses en el uso de SAF
European airlines surpass U.S. carriers in the use of SAF

ECONOMÍA Y MERCADOS

Economy and markets

- 330 La Región Centro representa el 20% de la economía nacional y la mitad de las exportaciones agroindustriales
The Central Region represents 20% of the national economy and half of agro-industrial exports
- 334 En los últimos cinco años la agroindustria aportó el 92% de las divisas netas de la economía argentina
In the last five years, agribusiness contributed 92% of Argentina's net foreign exchange earnings

- 338 Biodiésel argentino, a contramano del mundo
Argentine biodiesel, against the global trend

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Industrial Maintenance

- 342 Confiabilidad de activos en la industria aceitera. Pilar estratégico para la excelencia operacional
Asset reliability in the oilseed industry. A strategic pillar for operational excellence

SEGURIDAD INDUSTRIAL

Industrial Security

- 346 Silos y acopio de granos. análisis de los riesgos
Silos and grain storage. Risk analysis

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Energy Transition

- 352 Electrificación de Plantas de Crushing
Electrification of crushing plants

NOTAS DE INGENIERÍA QUÍMICA

Chemical Engineering Notes

- 362 Utilización y recomendaciones para la puesta en servicio de calderas de alta presión en el proceso de desodorización de grasas y aceites vegetales
Use and recommendations for the commissioning of high-pressure boilers in the deodorization process of fats and vegetable oils

ACEITE DE OLIVA - *Olive oil*

- 366 Autenticidad del aceite de oliva
Authenticity of olive oil

GRASAS ANIMALES - *Animal Fats*

- 372 Usos fundamentales y funcionales de las grasas y los aceites en la nutrición de las mascotas
Fundamental and functional uses of fats and oils in pet nutrition

MEJORA CONTINUA

Continuous Improvement

- 378 Uso del balance de masas en las operaciones de granos y subproductos
Mass balance use in grain and by-product operations

- 384 **ESTADÍSTICAS - *Statistics***

- 390 **NOTICIAS - *News***

NOTA DE TAPA:

UTILIZACIÓN DE GRASAS Y ACEITES EN ALIMENTOS PARA MASCOTAS

: NOTAS TÉCNICAS • Technical Articles

UTILIZACIÓN DE ACEITES, GRASAS Y SUBPRODUCTOS EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PARA MASCOTAS*Use of oils, fats, and by-products in the production of pet food*

- 396** Grasas y aceites en alimentos de mascotas
Fats and oils in pet food

> Carlos Bacal

- 402** El efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la composición de ácidos grasos y la capacidad de oxidación de las distintas clases y tipos de alimentos para canes
The effect of storage conditions on fatty acid composition and oxidation capacity of different classes and types of dog food

> Kanber Kara

PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS GRASAS Y ACEITES*Physical-chemical properties and characteristics of fats and oils*

- 414** Desde las sombras al escenario central: los epóxidos en la oxidación lipídica y la salud humana
From the shadows to center stage: epoxides in lipid oxidation and human health
> George Hale
- 420** Cuando los antioxidantes se convierten en prooxidantes
When antioxidants become pro-oxidants
> Jim Kling
- 424** Lípidos estructurados: síntesis, ingeniería genética y aplicaciones
Structured lipids: synthesis, genetic engineering, and applications
> Chandu S. Madankar, Avishkar S. Bhagat, Elham K. Nasser, Ammar B. Altemimi, Francesco Cacciola, Nasser Mahna

SANIDAD ALIMENTARIA*Food safety*

- 434** Aflatoxinas en aumento: como el cambio climático está remodelando la inocuidad alimentaria
Aflatoxins on the rise: how climate change is reshaping food safety
> Marco Beccaria

OLEAGINOSAS Y ACEITES ESPECIALES, GOURMET Y EXÓTICOS*Oilseeds and special, gourmet, and exotic oils*

- 438** El impacto de los métodos de extracción y recuperación sobre la calidad del aceite de almendras: una perspectiva lipidómica
The impact of extraction and recovery methods on the quality of almond oil: a lipidomic perspective
> Fernanda Furlan Goncalves Dias y co-autores

USO DE TIERRAS DE BLANQUEO EN LA REFINACIÓN DE ACEITES VEGETALES*Use of bleaching earths in the refining of vegetable oils*

- 444** La ciencia y el arte del buen diseño
The science and art of good design
> Pat Howes



WORLD CONGRESS 2025: EL PUNTO DE ENCUENTRO DE LA AGROINDUSTRIA MUNDIAL

La campaña agrícola 2025/26 arranca con expectativas favorables para el sector. Según la Bolsa de Comercio de Rosario, la producción total de granos podría alcanzar 146,4 millones de toneladas, un crecimiento del 6 % frente al ciclo previo. En ese marco, el complejo agroexportador proyecta exportar USD 34.800 millones y aportar USD 5.300 millones en concepto de retenciones. Estas cifras muestran que el agro sigue siendo una palanca esencial para la economía argentina, no solo por su capacidad productiva, sino por su rol en la generación de divisas, en el equilibrio externo y en su vínculo con el Estado a través de la fiscalidad. Sin embargo, la dinámica reciente muestra que la discusión trasciende los números y refleja la necesidad de políticas claras y previsibles.

Esta semana el sector sorprendió con un récord absoluto: en apenas tres días, la agroindustria vendió por USD 7.100 millones tras la decisión del Gobierno Nacional, de reducir a cero las retenciones a las exportaciones de cereales y oleaginosas hasta el 31 de octubre o hasta alcanzar un cupo de USD 7.000 millones, lo que ocurra primero. Según información oficial de la Secretaría de Agricultura, ganadería y Pesca (MAGYP), durante la vigencia del programa se efectivizaron ventas al exterior por 19,6 millones de toneladas, valuadas en poco más de 7012,6 millones de dólares. De este total, 71 % del volumen y 80% del valor correspondió a productos del complejo sojero. Un hito histórico de volumen negociado en la Argentina, superando la marca anterior de 2018. Según la Bolsa de Comercio de Rosario, el 23 de septiembre se comercializaron 1,7 millones de toneladas en un solo día, el mayor volumen diario de la historia, con la soja representando el 77 % de las operaciones. Este esquema temporal supone un costo fiscal superior a los USD 1.000 millones para el

Gobierno, pero al mismo tiempo desnuda el enorme potencial de divisas que el campo puede aportar cuando se le dan condiciones favorables. Del total de la campaña 2024/25 aún restan por venderse alrededor de USD 9.770 millones, de los cuales el complejo soja representa el 75 %, seguido por el maíz con el 24 % y el trigo con apenas un 1 % dado que su ciclo culmina en noviembre. Este fenómeno confirma una vez más el peso del agro como motor de la economía y la necesidad de reglas que acompañen más allá de coyunturas puntuales.

La campaña 2025/26 ofrece, entonces, un escenario auspicioso para el agro argentino con expectativas de crecimiento productivo y aportes significativos en exportaciones, pero ese viento a favor no asegura automáticamente prosperidad. Se necesita combinar rendimientos con institucionalidad, visión estratégica y resiliencia. El récord reciente de ventas con retenciones cero demuestra el potencial de la agroindustria cuando encuentra condiciones adecuadas, y el éxito del World Congress confirma que el país tiene no solo capacidad productiva sino también voz y liderazgo en el debate global. Haber sido anfitriones de un evento de esta magnitud no fue solo un orgullo, sino un paso decisivo para demostrar que el agro argentino puede y debe ser protagonista del futuro.

En paralelo a esta realidad de los mercados, el mes de septiembre dejó otro hecho histórico para la agroindustria: Rosario fue sede del World Congress on Oils & Fats – ISF Lectureship Series 2025, un encuentro que reunió a más de 2000 personas provenientes de 24 países y que posicionó a la Argentina en el centro de la agenda mundial de aceites y grasas. Durante cinco días se desarrollaron conferencias plenarias, cursos cortos de capacitación técnica sobre diversos temas

que tienen que ver con los aceites y grasas de origen vegetal y animal y un intercambio científico, técnico y comercial de altísimo nivel, acompañado por una feria de más de 1500 m² donde las principales compañías globales de provisión de equipos y servicios mostraron su enorme capacidad vinculada con la innovación y capacidad de desarrollo.

El congreso no solo superó expectativas por su masividad, sino también por la calidad del debate, la diversidad de enfoques y la posibilidad de tender puentes entre ciencia, industria y políticas públicas en temas como sustentabilidad, biocombustibles, nuevas aplicaciones y tendencias. Es importante destacar a nuestros lectores que más allá de

las informaciones incluidas en esta edición de A&G sobre este maravilloso evento, en la edición 141 incluiremos una cobertura especial acerca del Congreso Mundial.

Héctor Autino
Director Editorial de A&G



uventech Trabajando por un aire más limpio.

SOLUCIONES EN ASPIRACIÓN, TRANSPORTE NEUMÁTICO Y SISTEMAS ANTIEXPLOSIVOS.

 Whatsapp +54 911 38163757
 Teléfono +54 117521 6157
 E-mail: Contacto@uventech.com


 Para conocer más acerca de nuestras soluciones y representaciones

www.uventech.com

LOBERAZ S.A.



- Construcciones y montajes industriales, livianos y pesados
- Mantenimiento de equipos electromecánicos industriales
- Expedición, control de materiales, estibas y carga de caños y flejes
- Construcción y mantenimiento de estructuras metálicas y techos
- Montaje y reparación de cintas transportadoras y norias
- Estiba y desestiba en exportaciones marítimas y fluviales
- Reparaciones integrales de puentes grúa de hasta 275tn
- Construcción y mantenimiento de vías férreas
- Montajes eléctricos
- Construcción y montaje piping
- Topografía mecánica y civil
- Instrumentación y control



Calle 3 N° 1155 | Parque industrial Comirsa | Bs. As. | Argentina
Tel. 0336-4461917 / 4438655 | loberaz@loberaz.com.ar | www.loberaz.com.ar



REVISTA ACEITES Y GRASAS

Rosario · Santa Fe · Argentina
Publicación Trimestral de la
Asociación Argentina de Grasas y Aceites
Registro de la Propiedad Intelectual
Expediente N° 302302 (Feb. 2003)
ISSN 0328 - 381x
www.asaga.org.ar
asaga@asaga.org.ar

OBJETIVOS DE LA PUBLICACIÓN

A&G es una publicación trimestral cuyo propósito es difundir aspectos técnicos, científicos y de carácter general dentro del rubro de las grasas, aceites y derivados de aplicación alimentaria. La publicación está destinada a profesionales, técnicos e idóneos que desarrollan actividades dentro de la especialidad del rubro.

Además podrá encontrarla permanentemente en nuestro sitio web: www.asaga.org.ar

PUBLIQUE EN A&G

A&G acepta manuscritos, los cuales deberán registrarse por la guía publicada en la primera edición de cada año o consultar en www.asaga.org.ar

Los trabajos firmados son responsabilidad de sus autores. ASAGA, así como su órgano de difusión A&G, no asume responsabilidad alguna ni obligaciones de ninguna clase derivadas del suministro y uso de la información contenida en sus páginas. Asimismo la publicación de los artículos no supone la adhesión a la opinión vertida por el o los autores.

SUSCRIPCIONES

RESPONSABLE DE SUSCRIPCIONES

AGUSTINA MAZZA BOSCIA
Tucumán 2501 · 2000 Rosario · Santa Fe
Tel. / Fax: +54 - 341 - 4391761
E-mail: administracion@asaga.org.ar

PUBLICITE EN A&G

EJECUTIVA DE VENTAS

MÓNICA AUTINO
Tucumán 2501 · 2000 Rosario · Santa Fe
Tel. / Fax: +54 - 341 - 4391761
Móvil: +54 - 341 - 156 422820
E-mail: mautino@asaga.org.ar

STAFF

EDITOR RESPONSABLE

Asociación Argentina de Grasas y Aceites
Tucumán 2501
(S2000.JVG) Rosario - Argentina
Tel/Fax: +54 - 341 - 4391761 / 4373845
asaga@asaga.org.ar
www.asaga.org.ar

DIRECTOR GENERAL

HÉCTOR CARLOS AUTINO
Asesor Técnico sobre Procesos relacionados con la
Industria de Aceites y Grasas Alimentarias
ASAGA - Ex Presidente

DIRECTOR EDITORIAL

EDUARDO DUBINSKY
Ing. Químico UBA
Consultor en aceites y grasas comestibles
ASAGA - Ex-Presidente

COMUNICACIÓN, Prensa y EDITORIAL

ROCÍO SPERA
Lic. en Comunicación Social
rspera@asaga.org.ar

CONSEJO EDITORIAL

- **MARÍA CRISTINA CIAPPINI**
Doctora de la FFyB de la UBA. Magister en
Tecnología de Alimentos. Ing. Química.
Directora CIDTA - UTN FFRO
- **JORGE DRAGO**
Ingeniero Electricista - Consultor Eficiencia
Energética, EERR y Cogeneración.
- **CINTIA MALTONI**
Molinos Agro S.A.
Gerente - Control de Calidad
ASAGA - Secretaria
- **PABLO MARTÍ**
Grops Energy S.A. - Director
ASAGA - Vocal Titular

COMITÉ EDITORIAL DE ASESORAMIENTO, EVALUACIÓN Y RECEPCIÓN DE TRABAJOS

- **LESLIE KLEINER**
Senior Research Scientist, Global R&D, Health &
Wellness - Tate & Lyle
- **ÁNGELA ORLANDO**
Dra. en Bioquímica - GREENLAB
ASAGA - Ex Presidente
- **RICARDO POLLAK**
Lic. en Ciencias Químicas - RP Servicios Profesionales
ASAGA - Ex Presidente
- **ING. ALARICO DE SOUZA NEVES**
Ingeniero de Proyectos y Procesos - Alliance Industria
Mecánica Ltda

CORRESPONSAL EN USA

LESLIE KLEINER
Senior Research Scientist, Global R&D, Health & Wellness
Tate & Lyle
leslie.kleiner@tateandlyle.com

CORRESPONSAL EN BRASIL

ING. ALARICO DE SOUZA NEVES
Ingeniero de Proyectos y Procesos
Alliance Industria Mecánica Ltda
alarico.neves@aecprocess.com

CORRESPONSAL EN ASIA / ÁFRICA

SEBASTIÁN ARCE
P.O. BOX: 118310, Dubai, UAE
sarce@asaga.org.ar

ASAGA está adherida a la Sección Latinoamericana de la American Oils Chemists' Society (LA - AOCS) A&G se distribuye en Argentina, América y Europa

A&G ES RESEÑADA EN:

- Catálogo Anual de Organizaciones e Instituciones publicado por la American Oils Chemists' Society
- Ulrich's International Periodicals Directory
- Soya Blue Book
- Revista INFORM - AOCS, USA
- Revista Bimestral de la Asociación Argentina de Poscosecha de Granos (APOSGRAN)
- Boletín Semanal de Informaciones de la Bolsa de Comercio de Rosario
- Catálogo LATINDEX

DISEÑO INTEGRAL & COMUNICACIÓN

GABRIEL FERREYRA
Diseño gráfico

LUGAR DE EDICIÓN

Ciudad de Rosario - Provincia de Santa Fe - Argentina

FOTOCROMÍA E IMPRESIÓN

SUDAMÉRICA IMPRESOS



Servicio de Reductores Industriales



Asistencia en la instalación



Asistencia en la puesta en marcha



Desarrollo de aplicaciones



Relevamiento y evaluación



Reparación



Stock local de piezas de repuesto



Ensamblado de emergencia



Servicio de Reductores Industriales



Retiro y entrega en zona de influencia



Modernización y mejora de la tecnología



Gestión del mantenimiento



Capacitaciones estándar y a medida

ANTIOXIDANTES NATURALES EN LA ALIMENTACIÓN DE CANES Y GATOS

La oxidación es una reacción que puede ocurrir en los alimentos que provoca la pérdida de valor nutricional por la descomposición de los ácidos grasos y la formación de compuestos que pueden reaccionar con otros componentes de los alimentos que también son perjudiciales para los organismos humanos y de los animales (Marinova, Yanishlieva, 2003; Mathew, Abraham, 2005).

Las sustancias con potencial antioxidante contribuyen a distintas funciones corporales y están particularmente involucradas en el mantenimiento de la defensa inmunológica. El sistema inmunológico realiza un control delicado utilizando mecanismos activados por retroalimentación porque hay poca diferencia entre lo propio y lo ajeno, pero también regula el nivel de respuesta a intrusos virales, bacterianos y otros agentes que puede resultar en una respuesta inmuno-

lógica exacerbada, o una respuesta lenta y menos eficaz, la invasión típica en un individuo inmunosuprimido.

Una fuente de daños al sistema inmunológico, especialmente en los animales seniles es la exposición excesiva a las especies reactivas de oxígeno (EROs). La producción de EROs es normal y forma parte de la vida biológica y la salud.

No obstante, un desequilibrio entre el estrés oxidativo (EO) y los antioxidantes puede resultar en un aumento de los daños celulares. Las defensas antioxidantes endógenas no previenen todos los daños causados por las ERO, y esto hace que una suplementación antioxidante sea un complemento importante para mantener la salud y mejorar las respuestas del sistema inmunológico. Cuando la producción de EROS supera la capacidad

de acción de los antioxidantes o bien, cuando hay un desequilibrio entre las ERO y los antioxidantes, que promueve un aumento de los radicales libres en detrimento de la velocidad de su remoción, se produce un estrés oxidativo. El estrés oxidativo causa diversas condiciones patológicas, tales como artritis, diabetes mellitus*, cataratas, disfunción cerebral, cardiomiopatías, un proceso acelerado de la senilidad, distintas neoplasias, dolencias autoinmunes e inflamación.

El objetivo de la presente revisión es debatir brevemente sobre los principales antioxidantes naturales presentes en la dieta de canes y gatos, y resalta un abordaje eficiente en la inhibición de los daños provocados por el estrés oxidativo.

Principales antioxidantes y sus beneficios

Vitamina C: Aunque los canes y gatos la sintetizan naturalmente, la suplementación se muestra beneficiosa en situaciones de estrés, dolencias o edad avanzada. Hesta *et al.* (2009) demostraron que mejora la capacidad antioxidantes y los parámetros inmunológicos de canes suplementados.

Vitamina E: Un antioxidante esencia soluble en grasa que protege las membranas celulares. Hayek *et al.* (2000) comprobarán que su suplementación mejora la función inmunológica en gatos ancianos. Además de nutrir, funciona como un conservante natural en alimentos para mascotas.

Luteína: Un carotenoide que protege la salud ocular, la piel y el pelaje. Estudios de Kim *et al.* (2015) demostraron su rol en el estímulo de respuesta inmunológica y en la reducción



* **Nota del Editor:** Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), la diabetes mellitus es una enfermedad crónica que resulta de la insuficiente producción de insulina por el páncreas o de la incapacidad del cuerpo para usarla eficazmente. Esto provoca una hiperglucemia (aumento del azúcar en la sangre) que, sin un control adecuado, puede causar daños graves a largo plazo en diversos órganos y sistemas del cuerpo.

del riesgo de problemas oftalmológicos, particularmente importantes para los gatos

Polifenoles: Un grupo diverso de compuestos con funciones antioxidantes, anti-inflamatorias y moduladoras del sistema inmune. Salas *et al.* (2020) evidenciaron sus efectos positivos en la microbiota intestinal de los canes, favoreciendo a las bacterias beneficiosas.

Licopeno: Un carotenoide que protege contra dolencias cardiovasculares o degenerativas. Sahin *et al.* (2010) demostraron su capacidad para reducir los biomarcadores de estrés oxidativo en animales de compañía.

Flavonoides: No solo neutralizan los radicales libres, sino que además inhiben las enzimas prooxidantes y regeneran otros antioxidantes. La quercetina muestra eficiencia en la reducción de los procesos inflamatorios alérgicos en los canes.

Fitogénicos: Estos incluyen a los aceites esenciales (orégano, tomillo, romero), extractos de hierbas (cúrcuma, jengibre), saponinas y alcaloides. Funcionan como antioxidantes potentes. Son moduladores de la microbiota intestinal, los antibióticos y son agentes anti-inflamatorios.

Abordaje sinérgico y aplicaciones prácticas para la industria de los alimentos para mascotas

La eficiencia antioxidante se optimiza cuando se combinan múltiples compuestos, y se genera un efecto sinérgico. Diversos antioxidantes neutralizan diferentes tipos de radi-

cales libres y actúan en distintos compartimentos celulares, proporcionando protección integral.

Para implementar esos beneficios en el día a día de la nutrición de los canes y gatos será necesario:

1. Desarrollar alimentos comerciales enriquecidos con variedades de antioxidantes naturales.
2. Considerar una suplementación específica para animales con necesidades particulares.
3. Adicionar, moderadamente, alimentos frescos ricos en antioxidantes como complemento para la dieta principal, cumpliendo las orientaciones nutricionales adecuadas.
4. Almacenar los alimentos adecuadamente, ya que los antioxidantes son sensibles a la luz, el calor y el oxígeno.

La industria de los alimentos para mascotas continúa evolucionando en la búsqueda de la protección oxidativa de los alimentos, e incorpora antioxidantes naturales en fórmulas funcionales cada vez más sofisticadas.

Para profesores y profesionales de salud y nutrición, entender los beneficios específicos de dichos antioxidantes representa una inversión en salud, bienestar y longevidad de las mascotas.

Julio Cezar dos Santos Nascimento, PhD
Zootecnista y Médico Veterinario - Profesor de Nutrición Animal en la Universidad Federal

Rural de Pernambuco – UFRPE. Departamento de Zootecnia

Glauco Magalhães Gongalves
Zootecnista - Especialista en nutrición de canes y gatos - Estudiante de posgrado de Nutrición y producción de no rumiantes y Editor técnico de Revista Ingredientes & Nutrientes - director técnico Comercial – GMG Consultoría & Cursos.

Referencias

1. AESCHBACH, R., LÖLIGER, J., SCOTT, B. C., MURCIA, A., BUTLER, J., HALLIWELL, B., & ARUOMA, O. I. (1994). Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. *Food and Chemical Toxicology*, 32(1), 31-36.
2. DAVIDSON, M. G., GEOLY, F. J., GILGER, B. C., MCLELLAN, G. J., & WHITLEY, W. (2004). Retinal degeneration associated with vitamin E deficiency in hunting dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 225(8), 1142-1146.
3. DENNIS E. JEWELL; LAURA A. MOTSINGER; INKE PAETAU-ROBINSON. Effect of dietary antioxidants on free radical damage in dogs and cats. *Journal of Animal Science*, 2024, 102, skae153.
4. KOHLERT, C., VAN RENSEN, I., MÄRZ, R., SCHINDLER, G., GRAEFE, E. U., & VEIT, M. (2000). Bioavailability and pharmacokinetics of natural volatile terpenes in animals and humans. *Planta Medica*, 66(6), 495.
5. SIES, H.; V. V. BELOUSOV; N. S. CHANDEL; M. J. DAVIES; D. P. JONES; G. E. MANN; M. P. MURPHY; M. YAMAMOTO; C. WINTERBOURN. 2022. Defining roles of specific reactive oxygen species (ROS) in cell biology and physiology. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 23:499-515. doi: 10.1038/s41580-022-00456-z
6. YU, S.; I. PAETAU-ROBINSON. 2006. Dietary supplements of vitamins E and C and β-carotene reduce oxidative stress in cats with renal insufficiency. *Vet. Res. Commun.* 30:403-413. doi:10.1007/s11259-006-3269-5.

Material extraído de la revista Pet Food Brasil y publicado bajo autorización de sus editores.

BRÓCOLI REPOLLO DURAZNO
FRUTILLAS ARÁNDANOS AJO
MANZANA SANDÍA CEREZAS
NARANJA PERA TOMATE
ANTIOXIDANTE
ZANAHORIA KIWI NABO LIMÓN
BANANA CEBOLLA PEPINO
COLIFLOR RÁBANO PEREJIL
ESPINACA PUERRO LECHUGA
DAMASCO PAPA UVAS HIGOS





EXTECH-LINK

industrial



EXPANDER

Capacidades hasta 3.000 ton./24h



LAMINADOR

500 ton./24h



ENFRIADOR DE MASA EXPANDIDA

3.000 ton./24h



QUEBRADOR

500 a 1.500 ton./24h

EXTECH-LINK INDÚSTRIA MECÂNICA

Av. Santino Brianezi, 1900 - Jardim Santos Dumont

Distrito Industrial 4 - CEP 19.909-000 - Ourinhos/SP

+55 (14) 99882-4241 | 99611-6963

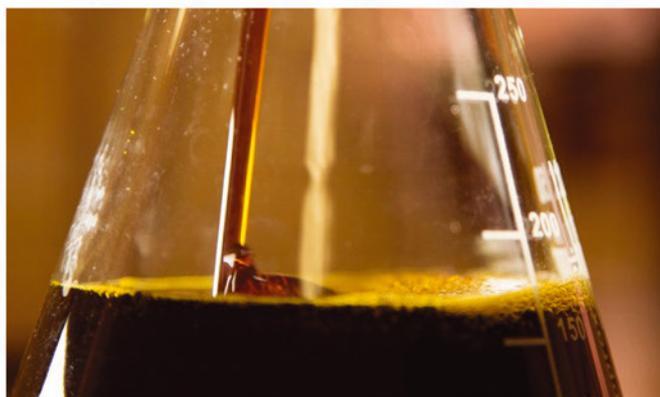
comercial@etl.ind.br

www.extech-link.com.br

NUEVO PROCESO BIOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE OLEÍNAS A PARTIR DE BORRAS Y GOMAS DE ACEITES VEGETALES

*Nuestro protocolo ha logrado transformar borras y gomas en “oleínas” usadas actualmente como materia prima para la fabricación de biodiesel o para alimentación animal, **sin la utilización de ácidos fuertes contaminantes.***

PROCESO PATENTADO (En trámite)



TUDELA
PRODUCTOS & SERVICIOS



GESTION
DE LA CALIDAD



J. C. Tudela y Cía S.A.

Dr. Matías Torrontegui 469. CP 5525. Rodeo de la Cruz
Gllén. Mendoza. Argentina. Tel/Fax: (54) 0261 4910304
info@jctudela.com.ar - www.jctudela.com.ar

LA CRUZADA ANTI-CIENTÍFICA CONTRA LOS ACEITES DE SEMILLA

El movimiento en contra de los aceites de semilla ha recibido un duro golpe porque un estudio de Harvard sugiere una menor mortalidad causada por los aceites de base vegetal, sin embargo quedan preguntas.

El grupo "Hagamos que EE.UU. vuelva a ser saludable" (MAHA, por sus siglas en inglés) conducido por Robert Kennedy Jr. no se pondrá contento con los resultados de un estudio recientemente publicado en la revista de la Asociación Médica Estadounidense. Sin embargo surgen algunas preguntas respecto del estudio.

Comencemos con la conclusión del estudio que fue realizado por científicos de Harvard: "El reemplazo de la manteca con aceites de base vegetal podría otorgar beneficios sustanciales para prevenir las muertes prematuras". Dichos aceites de base vegetal incluyen a los "aceite de semilla" que son demonios dietéticos a los ojos de Kennedy y luminarias nutricionales como Vani Hari (también conocida como "Food Babe"), para el defensor de la carne cruda Brian Johnson (también conocido como "Liver King), para el activista antivegano Max Lugavere y para el Dr. Joe Mercola, que depende de consejos recibidos de un espíritu con el cual conversa regularmente. Dichos aceites, en palabras de Kennedy, están "envenenando a EE.UU." En realidad, lo que está envenenando a EE.UU. es la cantidad monumental de desinformación que se divulga y es consumida por millones de personas.

Los aceites de semilla difamados son los de canola, maíz, algodón, semilla de uva,

soja, girasol, cártamo y salvado de arroz. Los mismos se producen por el prensado de las semillas o el prensado seguido de una extracción con hexano, un solvente que luego se evapora para permitir que quede el aceite puro. El hexano es uno de los blancos de los anti-aceite en contra de los aceites de semillas que afirman que dicho derivado del petróleo es tóxico. Si, lo es, pero el hexano tiene un punto de ebullición bajo y esencialmente no quedan residuos en el aceite después del calentamiento.

La otra afirmación es que los aceites de semilla causan una enfermedad crónica porque son " proinflamatorios". En realidad los aceites de semilla contienen una cantidad de distintos ácidos grasos que pertenecen a las categorías omega-6 y omega-3 en base a sus estructuras moleculares. Se considera que las grasas omega-3 son antiinflamatorias mientras las omega-6 tienen el efecto opuesto, pero no existe ninguna evidencia de que los aceites de semilla como parte de la dieta influyan sobre los marcadores sanguíneos de inflamación.

El problema con los aceites de semilla no es que son inherentemente insalubres, pero se utilizan ampliamente en los alimentos ultraprocesados que se pueden considerar insalubres, porque son altos en azúcar, sal y gra-

sas. Efectivamente, dicha grasa está presente en la forma de aceites de semilla, pero esto no significa que su reemplazo con grasas saturadas, como las presentes en la manteca o en la grasa vacuna, haga que el alimento sea más saludable. Muy por el contrario. La evidencia acumulada durante décadas indica que el reemplazo de las grasas saturadas en la dieta con grasas insaturadas, como las presentes en los aceites de semilla, reduce el colesterol en sangre y reduce el riesgo de una enfermedad cardíaca.

Ahora nos referimos al estudio de Harvard con su afirmación de que una ingesta mayor de aceites de base vegetal se encuentra vinculada con un menor riesgo de mortalidad prematura. Esto es un verdadero golpe para el grupo MAHA.

Por lo tanto: ¿como llegaron los investigadores a esta conclusión? Ellos analizaron los datos recolectados por unos 221.000 profesionales de la salud que durante 33 años completaron cuestionarios de frecuencia alimentaria cada cuatro años. Durante este lapso de tiempo, 12.241 sujetos fallecieron de cáncer y 11.240 de enfermedad cardiovascular.

La comparación de las dietas de los sujetos que fallecieron con los que no lo hicieron



ron reveló que los mayores consumidores de manteca exhibieron un mayor riesgo de mortalidad de 15 % que los menores consumidores de manteca, mientras que las personas con mayor consumo de aceite de base vegetal tuvieron un menor riesgo de mortalidad de 16 %. Un procesamiento adicional de datos numéricos encontró que sustituir una cucharada de manteca con una cantidad equivalente de aceites de base vegetal podría reducir el riesgo de muerte en un 17 %. Eso desvirtúa la controversia de que los aceites de semilla deberían evitarse en favor de las grasas saturadas presentes en la manteca, el aceite de coco y la grasa vacuna.

Mis dudas respecto del estudio son las siguientes:

En primer lugar, en la conclusión está la palabra problemática “podría”, que se ve con demasiada frecuencia en estudios observacionales como este. La misma también se podría reemplazar con “no podría”, porque dichos estudios solo pueden mostrar una asociación y no una relación causa y efecto.

Luego hay una preocupación habitual sobre la falta de confianza en la memoria cuando se trata de responder a cuestionarios de frecuencia alimentaria. Realicé una pequeña prueba por mi cuenta anotando meticulosamente todo lo que consumí durante tres días, incluyendo las cantidades. Un día después, confiando en mi memoria, completé un cuestionario de frecuencia alimentaria del tipo más comúnmente utilizado. Quedé sorprendido, no solo por haberme olvidado algunos alimentos que había consumido, sino también por pensar que había consumido algo que no consumí. Trato de comer una manzana por día, por lo tanto anoté automática-

mente tres manzanas, pero el registro escrito mostró que solo fueron dos. Me había olvidado que un día salí a almorzar y no consumí mi manzana habitual. Pruebe usted este experimento, yo pienso que observará los inconvenientes de depender de la memoria respecto del consumo de alimentos.

Luego, cada estudio observacional está plagado de factores de confusión. Se realizan intentos para corregir por edad, por nivel de actividad, hábito de fumar, consumo de alcohol y condiciones preexistentes, pero esto es una tarea difícil. Tal vez los consumidores de manteca exhiben un estilo de vida general menos saludable, y esto es algo difícil de corregir. Resulta difícil saber como los investigadores trataron el hecho de que los mayores consumidores de manteca fumaban el doble que los menores consumidores. Es por ello que los estudios observacionales se deben tomar con pinzas.

Solo los ensayos de intervención adecuadamente diseñados pueden resultar en información verdaderamente confiable. Esto me quedó claro en 1993. En ese momento, yo ya estaba enseñando un curso sobre alimentos y nutrición, y me había cruzado con un estudio que encontró una fuerte asociación entre los suplementos de vitamina E y un menor riesgo de enfermedad cardíaca. Recuerdo haberle dado a esto mucha importancia porque que el estudio fue publicado en la prestigiosa revista New England Journal of Medicine por científicos de Harvard, algunos de los cuales curiosamente estaban involucrados con el estudio actual de la manteca. Comprensiblemente, el potencial de reducir el riesgo de enfermedad cardíaca con algo tan simple como la ingesta de un suplemento de vitamina E estimuló una cantidad de

ensayos doble ciego, aleatorizados y controlados. Los mismos fallaron en mostrar algún beneficio. El estudio observacional aparentemente había producido resultados confusos porque los consumidores de vitamina E eran más sanos y no porque consumían la vitamina, sino porque eran más activos y tenían una dieta más saludable, factores de confusión que no fueron tenidos en cuenta adecuadamente.

Habiendo aprendido de la experiencia con la vitamina E, esta vez con el estudio de la manteca versus el aceite de semilla, los investigadores fueron más meticulosos para corregir los factores de confusión, haciendo que los hallazgos fueran más confiables. Cualquier recomendación para reemplazar los aceites de semilla con manteca o con aceite de coco o de palma, que no son aceites de semillas sino de frutos, hoy podría ser considerada como equivocada. Por el contrario, la recomendación de reemplazar las grasas animales con aceites de canola, soja y especialmente de oliva extra virgen es segura.

En pocas palabras, la cruzada contra los aceites de semilla no se basa en evidencia, sin embargo ha llevado a cambios tales como el de la cadena de comidas rápidas Steak 'n Shake que pasó a la grasa vacuna para sus frituras con la promesa de que “si el aceite vegetal rompió tu corazón, nuestra grasa vacuna te enamorará nuevamente”. Tal vez del sepulturero.

El presente artículo se publicó por primera vez en el diario The Montreal Gazette y fue extraído del sitio web de Mc Gill - Office for Science and Society.



EXCELENCIA EN CALIDAD Y CONFIABILIDAD

**Instalaciones llave en mano - Auditoría
Mantenimiento - Ingeniería**

Cnel. Teodoro García 1875 - 1887
(B1704GUO) Ramos Mejía - Bs. As. - Argentina
+54 11 4488 2478 / 1296
info@damianich.com
www.damianich.com





Cuando el servicio de mantenimiento es sólido, se refleja en la tranquilidad del cliente.



Servicios de contratación mensual para mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo en plataformas volcadoras, molinos laminadores, líneas de servicio neumático y montaje de cañerías. Desde 1987 desarrollando proyectos junto a la industria aceitera, estos son nuestros compromisos de servicio en la oleohidráulica y neumática de la región.

DISTRIBUIDORES OFICIALES



Casa Central
Cafferata 946, 2000 Rosario, Santa Fe.
Tel. Fax: 0341 4360700 / Rotativas

Sucursal Santa Fe
Avenida Freyre 2353, 3000 Santa Fe.
Tel. Fax: 0342 4555042

Sucursal Rafaela
Belgrano 578, 2300, Rafaela, Santa Fe.
Tel. Fax: 03492 451390

www.circuitosyservicios.com.ar



GESTIÓN DE LA CALIDAD
IR-9000-0845

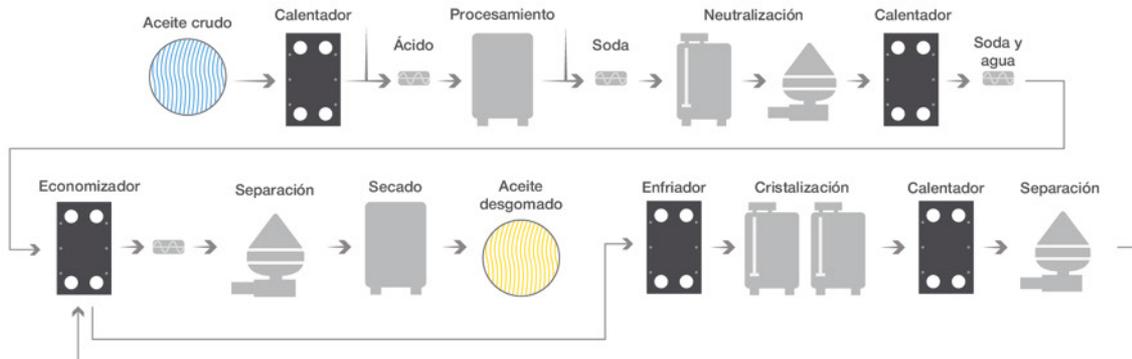


El sistema de gestión de la calidad de la empresa CIRCUITOS Y SERVICIOS S.R.L. ha sido certificado según la norma IRAM-ISO 9001:2008

ARAX® - INTERCAMBIADORES DE CALOR



Los intercambiadores de calor de placas ARAX® ofrecen la más alta calidad al precio más accesible, ajustándose al requerimiento de su empresa. Los intercambiadores de placas permiten lograr mayores valores de transferencia térmica brindando condiciones óptimas de distribución de producto, así como procesamiento de sustancias con contenido de pulpa, fibras, sólidos y trozos de frutas.



VENTAJAS ARAX®

- Bajo costo
- Diseñados a medida
- Altas tasas de transferencia de calor
- Fácilmente adaptables
- Servicio Posventa
- Gran versatilidad

MODELOS ARAX®

- Serie NT
- Serie LWC
- Serie Safetytherm
- Serie Free Flow



Aceites y Grasas

Procesos de winterización (desgomado)
Economizador de energía - Neutralizador
Blanqueamiento y desodorización de aceites.



Management System
ISO 9001:2015
www.tuv.com
ID: 9105043365

Conoce más en:
www.edelflex.com
info@edelflex.com

EDELFLX
Everything Flows

¿CONOCES NUESTRO SERVICIO POSVENTA?

Como fabricantes de ARAX y representantes exclusivos de Kelvion (ex GEA), ofrecemos un servicio de mantenimiento de intercambiadores de calor **destacado por nuestro profundo conocimiento de todos los modelos, actuales y antiguos.**

Ofrecemos repuestos de **la más alta calidad** para **garantizar el funcionamiento óptimo** según las condiciones de proceso. Nuestros técnicos se encuentran capacitados para **reparar cualquier tipo de intercambiador de calor de placas**, realizamos servicio técnico a intercambiadores de **todas las marcas y modelos.**

SERVICIOS

- Instalación y Puesta en Marcha
- Inspección
- Reparación y Mantenimiento
- Ingeniería de re-diseño y adaptaciones
- Solución de procesos asociados
- Limpieza mecánica, química e integral



VENTAJAS

- Reducción de costos al hacer más eficiente el uso de químicos y recursos
- Óptimo rendimiento del equipo y vida útil prolongada
- Disminución de los riesgos de seguridad
- Paradas de planta más cortas: más rápido que desarmarlo y limpiarlo manualmente



MANTENIMIENTO PREVENTIVO - LIMPIEZA CIP

Asegure la calidad de su producto



Para prevenir una pérdida de eficiencia del equipo debido al ensuciamiento de las placas, se recomienda realizar un proceso de limpieza CIP. **La limpieza CIP (Cleaning in Place - Limpieza in situ)** consiste en un fluido de limpieza que fluye por el intercambiador sin necesidad de desarmar el equipo. Los restos de suciedad son quitados por el poder disolvente del fluido de limpieza y por el efecto mecánico del flujo turbulento. Para lograr esto se pueden utilizar dos tipos de equipos:

CIP automático o CIP móvil



BCR



BCRlabs

La tecnología más avanzada
Los resultados más confiables

Laboratorio acreditado



OAA✓

Organismo
Argentino de
Acreditación

Laboratorio de Ensayo
LE 021

Ver alcance www.oaa.org.ar

Laboratorio autorizado



senasa

(LA092) Análisis de Residuos
de Plaguicidas en vegetales

CAC CÁMARA ARBITRAL
DE CEREALES | ROSARIO

CAVS CÁMARA ARBITRAL
DE ACEITES VEGETALES
Y SUBPRODUCTOS
BCR ROSARIO



FOSFA
INTERNATIONAL

UNLSE



341 5 463 704

Servicio al cliente



Aceites láuricos

TAL PARA CUAL

¿Cuál es el panorama de la oferta y la demanda de los aceites láuricos excepcionales que cumplen un papel fundamental en numerosos productos cotidianos?

El aceite de coco y el aceite de palmiste (PKO), los aceites láuricos, representan menos del 6 % del consumo global de aceite vegetal pero son crucialmente importantes para un número de productos cotidianos, como los productos de confitería y los de cuidado personal y del hogar.

La razón de ello es su composición química excepcional ya que son la única fuente de ácidos láuricos, que son la base de la industria de los detergentes y los surfactantes.

La funcionalidad única de los aceites láuricos crea un perfil de uso final inconfundible. Respecto de la mayoría de los aceites vegetales, aproximadamente 75 % de la demanda de aceite vegetal es para uso alimentario y

aproximadamente otro 20 % se utiliza como biocombustible. El resto incluye una proporción reducida, principalmente de estearina de palma, que se usa para producir oleoquímicos y aceite vegetal para la producción de forrajes.

En el caso de los aceites láuricos la situación es inversa, cerca de 70 % de los aceites láuricos se utilizan para los oleoquímicos y el uso alimentario solo representa un 30 % del consumo (ver Figura 1). Pero incluso en el uso alimentario, los aceites láuricos sobresalen por ser excepcionalmente adecuados para la producción de grasas para su uso en productos de confitería, como las grasas para moldear, recubrir o rellenar. Ningún otro aceite puede producir grasas con la misma

sensación bucal. El resultado es que aunque el aceite de coco, que una vez fue un aceite de cocina ampliamente utilizado, hoy se ofrece mayormente como grasas especiales que se utilizan fuera de Filipinas, en donde una proporción reducida de ácidos láuricos se utiliza para la producción de biodiesel, debido al mandato de mezcla basado en aceite de coco.

Los distintos usos finales de los aceites láuricos exhiben las oscilaciones de precios más salvajes entre los aceites vegetales. La mayoría de estos aceites se pueden reemplazar y el mercado va cambiando entre los distintos aceites, dependiendo de los precios relativos. Sin embargo, los compradores de aceite láurico no tienen alternativas y esto los hace extremadamente vulnerables a las interrupciones del suministro.

Como sucede con todos los *commodities* agrícolas, el PKO y el aceite de coco están sujetos a riesgos climáticos significativos. La Figura 2 ilustra como el impacto climático generado por los tifones y las sequías relacionadas con los eventos climáticos de El Niño, resultó en un suministro reducido de aceites láuricos y dio lugar a repuntes en los precios.

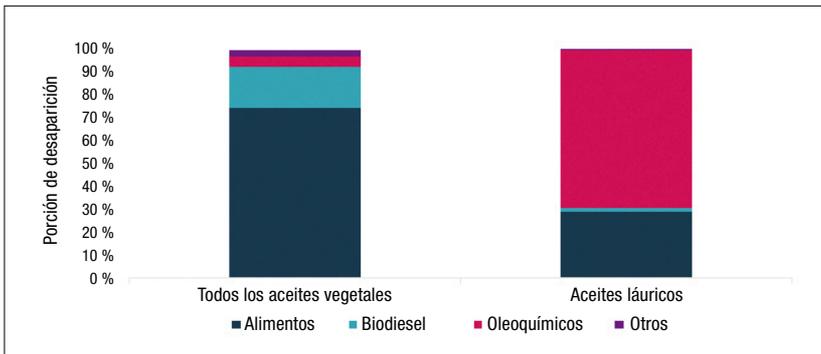


Figura 1 - Desaparición por uso final del aceite vegetal versus el aceite láurico, 2024.

Fuente: Glenauk Economics

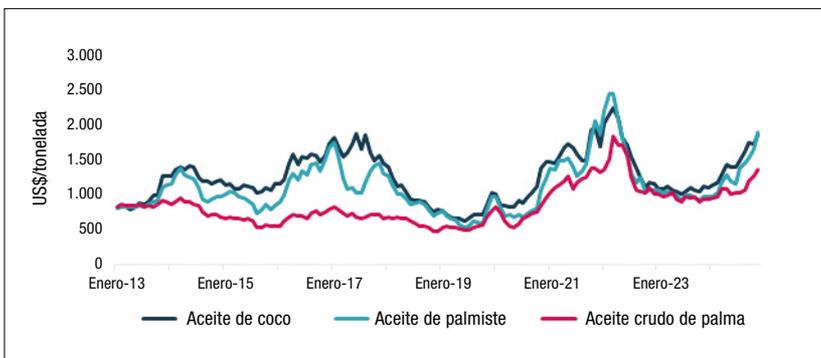


Figura 2 - Precios mensuales del aceite de coco, el aceite de palmiste y el aceite crudo de palma en Rotterdam. Fuente: Glenauk Economics



Foto: Adobe Stock

Los eventos climáticos de El Niño también causaron una caída de los rendimientos de aceite de palma y un incremento en los precios, pero no en la misma medida. Esto se puede ver más claramente en el diferencial entre los precios de los aceites láuricos y los aceites de palma (Figura 3). A medida que los precios se acercaron a un valor premium de US\$1.000 respecto del aceite de palma, los usuarios finales comenzaron a reformular y reducir sus consumos. Esto generalmente coincide con una recuperación de la oferta, que significa que los precios vuelven súbitamente a la paridad con el aceite de palma. En la industria se dice que los precios de los aceites láuricos suben por la escalera y bajan por el ascensor.

Desde el Tifón Haiyan en 2013, los precios del aceite de coco se han ubicado en distintos valores premium respecto del PKO, pero casi nunca a un precio de descuento. El aceite de coco exhibe características inherentes que justifican un mayor precio. Para el uso en oleoquímicos, tiene la ventaja de exhibir una porción más elevada de ácidos grasos de cadena corta. Para los consumidores de alimentos es un ingrediente superior, que proporciona una mejor sensación bucal para la cobertura de helados y un mejor aroma en las cremas no lácteas.

Para todos los usuarios finales y los consumidores, el aceite de coco tiene una mejor reputación en términos de sustentabilidad.

Sin embargo, a pesar de estas ventajas, en 2022 el aceite de coco cayó a un valor de descuento sin precedentes respecto del PKO. Un número de factores coincidió en la generación de estos precios inusuales. El primero fue que las tasas de exportación de Indonesia aumentaron a un nivel récord, inflando los márgenes y generando incentivos significati-

vos para procesar el PKO dentro de Indonesia. Esto coincidió con un período de oferta más débil, que restringió severamente los volúmenes de exportación. Al mismo tiempo, los cocoteros en Filipinas se fueron beneficiando de varios meses de un clima caluroso y húmedo ideal, que llevó a un incremento tanto en la oferta como la calidad de la copra. El resultado fue una sobreoferta de aceite de coco, que inundó el mercado y empujó los precios por debajo del precio del PKO.

Ahora, se ha llegado al punto en el cual los precios han vuelto a repuntar y el aceite de coco y PKO se acercan a valores premium de aproximadamente US\$ 600/tonelada respecto del aceite de palma. Una vez más, la razón es una escasez de suministros. En 2024 se redujo la producción de aceite de palma y PKO en Indonesia, mayormente debido al efecto retrasado de las sequías regionales en 2023 que se produjeron en dicho país. Al mismo tiempo, después de un largo período de una excelente producción de aceite de coco, Filipinas está viendo un suministro más débil de copra por la ciclicidad natural de los árboles y el impacto de las sequías, a principios de 2023.

El impacto del EUDR

Sin embargo, el panorama de los aceites láuricos se ha visto salpicado por la confusión causada por el Reglamento de la UE sobre productos libres de deforestación (EUDR, en inglés). El PKO y la mayoría de los derivados secuencia abajo están cubiertos por el EUDR y la legislación plantea un problema particular para los compradores de PKO, debido a la dificultad para segregar volúmenes suficientes de pepitas. ¿El EUDR hizo subir los precios?

En anticipación a problemas generalizados con el EUDR, se realizaron grandes embar-

ques de PKO y aceite de palma a la UE, para llegar a Rotterdam antes de fines de 2024. Se cree que esto impulsó la suba de los precios. No obstante, a pesar del anuncio del 2 de octubre de que posiblemente se pospondría el EUDR, los precios del ácido láurico no se redujeron, en cambio continuaron creciendo. El mercado aparentemente ha adoptado el punto de vista lógico, respecto de si las existencias se deben mantener en origen o en destino, que no alteraría el equilibrio de la oferta y la demanda. Una vez que el EUDR entre en vigencia, los compradores en Europa seguramente encontrarán que no hay suficiente PKO que cumpla el EUDR. Los importadores podrían cambiar a otros productos no cubiertos por la legislación, como por ejemplo los etoxilatos de alcohol graso.

Incluso fuera de la UE, una creciente preocupación de los compradores y procesadores es el reconocimiento de que ha empeorado la dinámica de la oferta fundamental, para los precios del aceite láurico.

La dependencia de la industria oleoquímica de los aceites láuricos, ha significado que durante la mayor parte de su historia el crecimiento del sector estuvo restringido por la escasez de materias primas. La expansión en el área bajo palma aceitera después del 2000, también llevó a un crecimiento en la oferta del PKO.

Como muestra la Figura 4, el suministro de aceite de coco casi no ha crecido en dos décadas y, durante dicho período, la producción de KPO fue de más del doble. Esto permitió un crecimiento mucho más veloz de los oleoquímicos y las grasas especiales y también desplazó el peso de la industria al Sudeste Asiático.

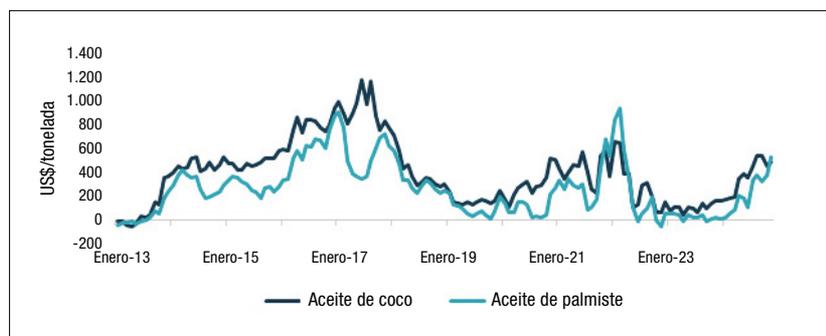


Figura 3 - Diferencial mensual de precios en Rotterdam del aceite de coco y el aceite de palmiste respecto del CPO. Fuente: Glenauk Economics

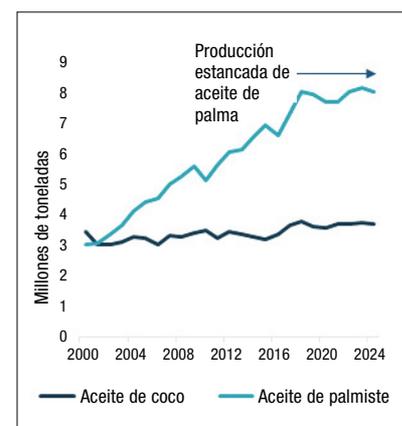


Figura 4 - Suministro anual de PKO, de aceite de coco. Fuente: Glenauk Economics

El problema de hoy para los compradores es que la producción de aceite de palma ya no está creciendo.

El aumento de la oferta estuvo motorizado por la expansión de la superficie y las plantaciones nuevas de palma aceitera se desaceleraron drásticamente, debido a la escasez de tierras de cultivo adecuadas, junto con mayores restricciones. Al mismo tiempo, los rendimientos de aceite de palma han quedado estancados. Existen oportunidades para mejorar los rendimientos pero estos requerirán inversiones significativas, dedicación y disciplina, que solo darán "frutos" después de varios años. Al mismo tiempo, los esfuerzos de reproducción de las semillas de la palma aceitera se han focalizado en reducir el contenido de pepitas e incrementar el contenido de aceite del fruto, para mejorar la rentabilidad. Esto ha significado una reducción constante en la producción de PKO respecto del aceite crudo de palma.

¿Podría aumentar el suministro de coco?.

Más del 90 % de las superficies de plantación de cocos pertenecen a pequeños agricultores y gran cantidad de árboles son seniles (más de 60 años), tienen menores rendimientos y son difíciles y peligrosos de cosechar. Se ha observado que un mejor manejo agronómico y mejores materiales de cultivo aumentan significativamente los rendimientos, pero una escasez de semillas y financiamiento ha retrasado el progreso.

La demanda por los aceites láuricos excepcionales continúa creciendo: el consumo de productos de confitería y de productos naturales de cuidado personal y del hogar aumenta con los mayores ingresos y las poblaciones más grandes.

Los compromisos de los principales productores por reducir el uso de petroquímicos, limitan su capacidad para cambiar al alcohol graso sintético. Al mismo tiempo, las inversiones en procesamiento en Indonesia, que actualmente procesa y consume más de 70 % del PKO domésticamente, signifi-

can que las exportaciones de PKO se ven restringidas.

La incapacidad de expandir el suministro significa precios más elevados y un incentivo claro, para que el mercado resuelva este desequilibrio. El mercado de los aceites láuricos continuará siendo tan atractivo como siempre.

El **Dr. Julian McGill** es director gerente de Glenauk Economics, una empresa consultora que se focaliza en aceites vegetales y sus derivados secuencia abajo en alimentos, grasas especiales, oleoquímicos, forrajes y biocombustibles. Con base en Kuala Lumpur, McGill es una autoridad reconocida globalmente en ciencias económicas de los mercados de la palma aceitera y los aceites láuricos.

Material extraído de la edición de OFI Magazine de enero 2025 y publicado con autorización de sus editores.



BOMBAS INDUSTRIALES

Fabricación, repuestos y servicio de mantenimiento

Programa de fabricación

- Se fabrican las líneas NT (con bastidor de apoyo) y NB (de acople directo) según normas **DIN 24255 / 56**, ambas líneas con sistema "Back Pollout" de desarme "hacia atrás" para desmontar la bomba sin mover las cañerías.
- Motobombas y electrobombas horizontales y verticales para servicio de incendios según **NFPA-20**, de carcasa partida o con sistema **Back Pullout**.
- Bombas centrífugas para procesos industriales, en aleaciones especiales, autocebantes. Según normas **ANSI B 73.1**.
- Bombas para líquidos pluviales y cloacales.
- Bombas para aceites térmicos hasta 320 °C.
- Controladores electrónicos y tableros de mando.

Programa de fabricación

- Se fabrican las líneas NT (con bastidor de apoyo) y NB (de acople directo) según normas **DIN 24255 / 56**, ambas líneas con sistema "Back Pollout" de desarme "hacia atrás" para desmontar la bomba sin mover las cañerías.
- Motobombas y electrobombas horizontales y verticales para servicio de incendios según **NFPA-20**, de carcasa partida o con sistema **Back Pullout**.
- Bombas centrífugas para procesos industriales, en aleaciones especiales, autocebantes. Según normas **ANSI B 73.1**.
- Bombas para líquidos pluviales y cloacales.
- Bombas para aceites térmicos hasta 320 °C.
- Controladores electrónicos y tableros de mando.



Garantía de Servicio y Repuestos.
Banco de pruebas propio. Exhaustivo control de calidad en componentes y proceso de producción.



Fábrica de bombas industriales.
Ernesto Kunz S.R.L.

Nueva Escocia 2724 · (B1838EJF) Luis Guillón · Pcia. de Buenos Aires · Argentina

Tel.: +54 (11) 4272 8655 · Fax: +54 (11) 4272 8776 · WhatsApp: (11) 6816 1112 · E-mail: kunz@bombaskunz.com.ar · www.bombaskunz.com.ar



ACOPLAMIENTOS DE GRILLA



ACOPLAMIENTOS DE ENGRANAJES



ACOPLAMIENTOS DE LÁMINAS



ACOPLAMIENTOS ELÁSTICOS

TECNON

Revolución **continua**

acotec@tecnongroup.com

www.tecnongroup.com

+5411 4766 1500

PRODUCTOS

Reductores de velocidad.
Acoplamientos.
Frenos y embragues.
Actuadores mecánicos.
Diseños y desarrollos especiales.

SERVICIOS

Reparación y mantenimiento de reductores de velocidad.

Tecnon®, Falk®, Cone Drive®, Hansen®, Nord®, David Brown Santasalo®, Flender®, Lufkin®, NGC®, Leroy Somer®, Sumitomo® y otras.

LAS AEROLÍNEAS EUROPEAS SUPERAN A LAS ESTADOUNIDENSES EN EL USO DE SAF

Las aerolíneas en Europa están utilizando más combustible de aviación sostenible (SAF) que sus competidores en EE. UU. y otros lugares, según un informe de *BNN Bloomberg*.

Si bien muchas aerolíneas se han comprometido a obtener al menos el 10% de su combustible para aviones de fuentes más limpias para fines de la década, el uso de SAF aumentó del 0,04% del combustible de aviación mundial en 2021 al 0,17% en 2023, según estimaciones de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA).

El mayor uso de SAF por parte de las aerolíneas europeas se debió en parte a un mandato gubernamental, ya que la Unión Europea (UE) exige que las aerolíneas utilicen un 2% de SAF a partir del próximo año, según el informe del 19 de agosto.

Mientras que otros gobiernos habían introducido sus propios mandatos, incluidos el Reino Unido, Singapur y Columbia Británica, Estados Unidos había adoptado un enfoque voluntario, y el gobierno ofrecía incentivos

para el SAF sin exigir a las aerolíneas que compraran combustibles más limpios, que cuestan aproximadamente tres veces más que el combustible para aviones convencional escribió *BNN Bloomberg*.

“En Estados Unidos, todavía hay un poco de disonancia cognitiva entre las afirmaciones de cero emisiones netas para 2050 y el entusiasmo por el SAF, y lo que las aerolíneas están realmente dispuestas a pagar si no tienen que hacerlo”, dijo Nik Pavlenko, líder del equipo de combustibles del grupo de expertos sin fines de lucro Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT).

Según el análisis de *Bloomberg Green* sobre los informes ambientales corporativos para 2023, la aerolínea de carga con sede en Alemania DHL Group lidera el mundo en la adopción de SAF, con más del 3% de su combustible para aviones de fuentes más limpias el año pasado. Para lograrlo, la aerolínea DHL compró más combustible para aviones con menores emisiones que todas las aerolíneas estadounidenses juntas.

A pesar de haberse comprometido a obtener el 30% de su combustible para aviones de fuentes más limpias para 2030, FedEx Corp, con sede en Memphis, no compró SAF el año pasado.

Mientras tanto, Air France-KLM encabezó a todas las aerolíneas de pasajeros el año pasado con un uso de SAF del 1,1%, más de seis veces el porcentaje del líder estadounidense, United Airlines Holdings Inc, que utilizó un 0,17% de SAF.

“Las zanahorias, por sí solas, no creo que sean tan efectivas”, dijo Marina Efthymiou, profesora de gestión de la aviación en la Escuela de Negocios de la Universidad de la Ciudad de Dublín.

Efthymiou instó a los gobiernos a utilizar tanto incentivos como mandatos para promover el mercado de SAF.

Funcionarios de varias aerolíneas estadounidenses dijeron a *Bloomberg Green* que estaban comprometidos a aumentar el uso de combustibles más limpios.

Si bien el suministro disponible ha sido limitado, las cosas están empezando a mejorar, según funcionarios de la industria, quienes citaron datos del gobierno de EE. UU. que muestran que la cantidad de SAF producida o importada al país se duplicó en la primera mitad de este año en comparación con todo 2023.

“Ese es el tipo de crecimiento exponencial que estábamos esperando”, dijo John Heimlich, economista jefe del grupo comercial industrial Airlines for America.

Sin embargo, como el SAF sigue siendo significativamente más caro, los mandatos conducirían a aumentos en los costos de los viajes aéreos, agregó Heimlich.



MIGNANI



INDUSTRIA

AGRO



TU SOCIO ESTRATÉGICO
EN **RENDIMIENTO**
Y **PRODUCCIÓN.**

Mendoza 3242/46
Tel Fijo: (0341) 208 0010
WhatsApp: (0341) 724 4333
(0353) 412 5919 Villa María (Cba)
ventas@mignanisrl.com.ar
📷 📱 / Mignani SRL



www.mignanisrl.com.ar

LA REGIÓN CENTRO REPRESENTA EL 20% DE LA ECONOMÍA NACIONAL Y LA MITAD DE LAS EXPORTACIONES AGROINDUSTRIALES

El Valor Agregado Bruto de la Región Centro representó el 19% del total nacional en 2023 y se mantiene estable en términos históricos. En 2024, la Región exportó un tercio del total nacional y la mitad de las exportaciones agroindustriales.

La Región Centro de la Argentina es un espacio político subnacional que agrupa a las provincias de Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos. Entre sus principales objetivos se encuentra promover el desarrollo económico y social, conformando un área de enorme potencial productivo para insertarse en el complejo y competitivo escenario de la economía internacional. El último encuentro del espacio fue la XVIII Reunión Institucional de la Región Centro, desarrollada en la ciudad de Santa Fe a finales de marzo de este año, con la presencia de los tres gobernadores de las provincias integrantes.

Si se analiza la evolución de la generación de valor agregado anual de la Región Centro, se registra un crecimiento relativamente sostenido del Valor Agregado Bruto (VAB) entre el

período 2004 y 2013, con un posterior proceso de estabilidad en términos generales. Se destaca que, más allá de las potencialidades y el desempeño particular de la región, la dinámica económica se encuentra muy influenciada con la macroeconomía nacional. En particular, se observa que la participación de la Región Centro en el VAB nacional se mantiene muy estable, año a año, en torno al 19% para todo el período analizado, lo cual indica que la actividad tiende a estar en línea con el desempeño de la economía nacional (Ver Figura 1).

Por el lado de la inserción internacional, es un punto sobre el cual la Región Centro adquiere mayor relevancia debido a su perfil productivo. La evolución histórica del valor exportado no ha sido uniforme, aunque destacando un

récord de USD 33.926,4 millones en 2022, en sintonía con una buena producción de granos y precios de los commodities agrícolas altos en términos históricos. En 2024, se terminó el año con exportaciones por USD 26.129,9 millones, 24% por encima de 2023.

Si se compara con la evolución de las exportaciones totales de Argentina, la Región Centro alcanzó su último máximo relativo de, al menos los últimos 20 años, en 2015 con una participación del 41% del total nacional. Mientras tanto, en 2024 se arribó a una participación del 33% a nivel nacional.

Por otro lado, si se concentra la mirada exclusivamente en Productos Primarios (PP) y Manufacturas de Origen Agropecuario (MOA) como proxy de las exportaciones



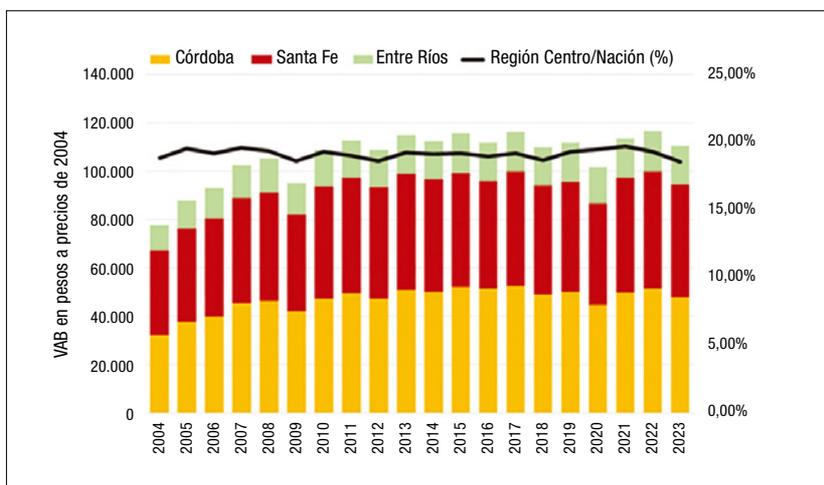
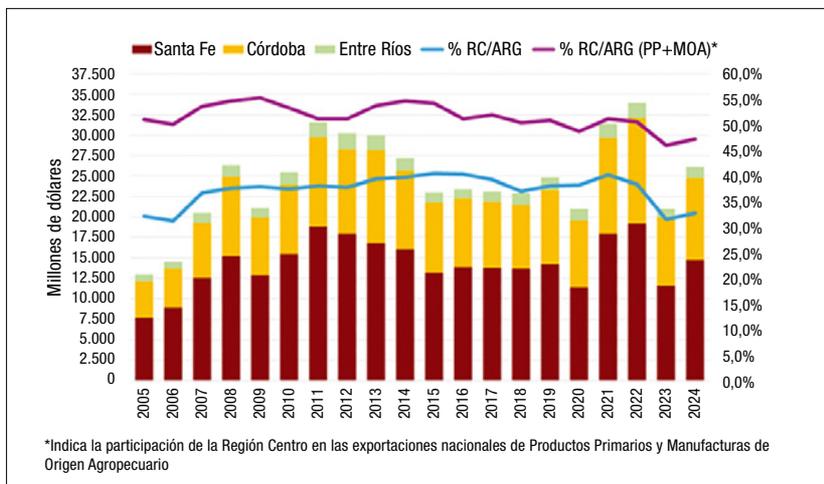


Figura 1 - Región Centro - Valor Agregado Bruto anual y participación a nivel nacional

©BCRmercados en base a datos de CEPAL

agroindustriales, la Región adquiere aún más relevancia a nivel nacional. Desde el máximo de participación alcanzado en 2014 con un 55%, el share de las tres provincias de la Región Centro viene disminuyendo hasta el 47% alcanzado en 2024. Si bien cae la importancia relativa en los últimos años, se puede decir que, desde las provincias de Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos, se explica casi la mitad de las exportaciones agroindustriales de Argentina (Ver Figura 2).

Dada la relevancia que tienen estas provincias en el sector agroindustrial, vale la pena analizar la evolución del área sembrada de los principales cultivos extensivos. En la campaña 2024/25, se estima que las tres provincias en su conjunto alcanzaron un récord del área sembrada con 17,65 millones de hectáreas. Entre el cultivo de la soja, maíz y trigo se explica el 90% del área implantada en la Región Centro en el último ciclo comercial, pero también es importante remarcar que, entre sorgo, maní y girasol se sembró nada menos que 1,4 millones de hectáreas. El algodón, por su parte, suma otro 0,21 M ha, principalmente sembradas en Santa Fe; y el arroz, 0,10 M ha con foco en Entre Ríos y menor medida en Santa Fe. De cebada, finalmente, se sembraron 0,06 M ha mayormente en Córdoba y Santa Fe.



*Indica la participación de la Región Centro en las exportaciones nacionales de Productos Primarios y Manufacturas de Origen Agropecuario

Figura 2 - Región Centro - Exportaciones por provincias y participación en el total nacional

©BCRmercados en base a datos del INDEC

Finalmente, al comparar la evolución del área sembrada en la Región Centro en comparación con el total nacional, la participación de estas tres provincias pampeanas alcanza en el ciclo 2024/25 el 44,1%, guarismo algo menor al 50,5% observado en la campaña 2001/02. Si bien se registra una leve tendencia a la baja en la participación del área sembrada a nivel nacional, dicho indicador se ha estabilizado en los últimos años. Específicamente, la mayor parte de la caída en la participación del área a nivel nacional se registra entre el ciclo 2002/03 hasta 2010/11, lo cual puede deberse a que otras provincias crecieron de forma más dinámica en la expansión del área efectivamente utilizada y/o por una mayor intensificación del doble cultivo. En este sentido, se remarca que una misma superficie puede ser utilizada hasta dos veces en el año para sembrar dependiendo del planteo productivo que se está considerando. De esta forma, el gráfico no muestra la evolución de la superficie dedicada a la actividad agrícola, sino cómo ha evolucionado la siembra de los diversos cultivos (Ver Figura 3).

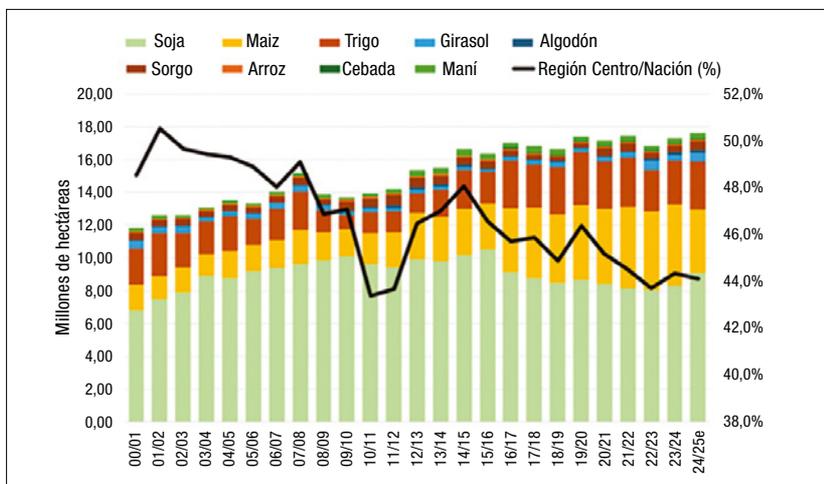


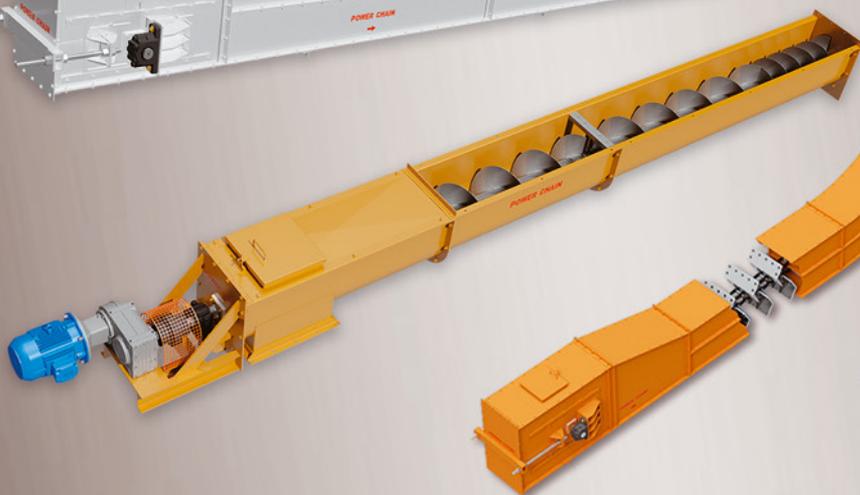
Figura 3 - Región Centro - Área sembrada de principales cultivos extensivos y participación a nivel nacional

©BCRmercados en base a datos de SAGyP

Nuestra fortaleza es nuestra experiencia

DISEÑOS ADECUADOS A SUS NECESIDADES

- Equipos de transporte para productos a granel
- Transporte de flujo continuo: rectos, inclinados y combinados
- Elevadores a cangilones
- Transportes helicoidales
- Cadenas



POWER CHAIN S.A.
Desde 1972



POWER CHAIN S.A.
Sistema de Gestión de la
Calidad en Cadenas
y Transportadores
IRAM-ISO 9001:2008
Certificado: N° 9000-418

Planta Parque Industrial Alvear (Gran Rosario): RP 21 Km 7 (ex Km 286)
(2126) Alvear - Santa Fe - Argentina

Telefax: +54 - 341 - 5185533 / 5185716 / 5185717 - E-mail: ventas@cadena-powerchain.com.ar

Web: www.cadenaspowerchain.com.ar

DISTRIBUIDOR OFICIAL

ABAC SRL



CAMOZZI
NEUMATICA



Jefferson



TEADIT



NUOVA FIMA



spirax sarco



WATSON
MARLOW



EN LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS LA AGROINDUSTRIA APORTÓ EL 92% DE LAS DIVISAS NETAS DE LA ECONOMÍA ARGENTINA

La agroindustria exporta seis dólares de exportaciones por cada dólar de importaciones. Aportó el 61% de las exportaciones entre 2020-2024 y es responsable de la porción mayoritaria de las divisas netas.

Más allá de la liquidación de divisas del agro por US\$30.800 millones proyectada para 2025, las dinámicas del comercio exterior argentino en los últimos años ameritan un análisis desde el punto de vista cambiario. En este sentido, es conocido el rol de la agroindustria como responsable de más de la mitad de las exportaciones argentinas de bienes.

Sin embargo, es aún más destacado su papel como exportador neto en el mercado cambiario. Entre 2020 y 2024, la agroindustria¹, junto con el sector minero, son los únicos aportantes netos de divisas en Argentina. Más aún, con liquidaciones netas de divisas por más de US\$ 177.000 millones, la agroindustria aportó el 92% de las divisas netas en el último lustro, proporción similar

si tomamos los datos de la última década. Tengamos presente que cuando nos referimos a aportes netos de divisas nos referimos al cobro de exportaciones de un sector deducidos los pagos de importaciones que requiere el mismo (Ver Figura 1).

Como sector exportador, generador de empleo y con presencia en todo el país, el agro aportó el 61% de las divisas liquidadas en exportaciones de bienes entre 2020 Y 2024. El podio del último lustro lo continúan la industria automotriz y la energía, cada uno con un 10% del total de liquidaciones (Ver Figura 2).

No obstante, los pagos de importaciones de la industria automotriz y del sector energético superaron el nivel exportador de estos

sectores, mostrándose como deficitarios en las últimas décadas. El giro reciente de la balanza energética espera cambiar parte de esta coyuntura. De la mano de las crecientes inversiones y la maduración de Vaca Muerta, el 2024 cerró con la primera balanza energética superavitaria desde 2009. Esta coyuntura alentadora espera cambiar la dinámica cambiaria del sector energético para los años venideros. De esta manera, el aporte neto de divisas del sector energético pasó de un negativo de US\$ 4.552 millones en 2022 a un menor déficit de US\$ 87 millones en 2023. Sin embargo, para 2024 la balanza energética marcó un superávit de liquidaciones por US\$ 2.624 millones.

Por su parte, la orientación fundamentalmente exportadora de los sectores agroin-

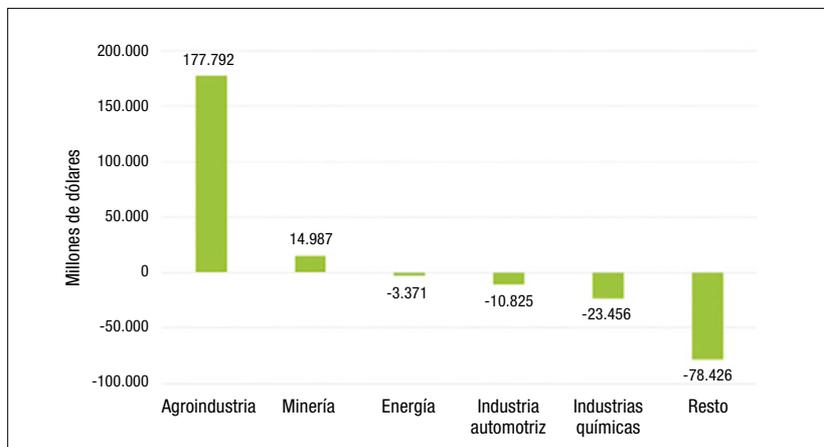


Figura 1 - Aporte neto de divisas por comercio exterior. Cobros de exportaciones deducidos de pagos a importaciones. Principales sectores de actividad. Acumulado 2020-2024. @BCRmercados en base a BCRA

¹ En función de los datos disponibles de mercado de cambios y balance cambiario del Banco Central de la República Argentina (BCRA), se considera dentro de la categoría Agroindustria a los sectores Oleaginosos y Cerealeros; Alimentos, Bebidas y Tabaco y Agricultura, Ganadería y Otras Actividades Primarias. De la misma manera, dentro de Energía se considera a los sectores Petróleo; Gas (Extracción, Transporte, Distribución) y Electricidad (Generación, Transporte, Distribución).

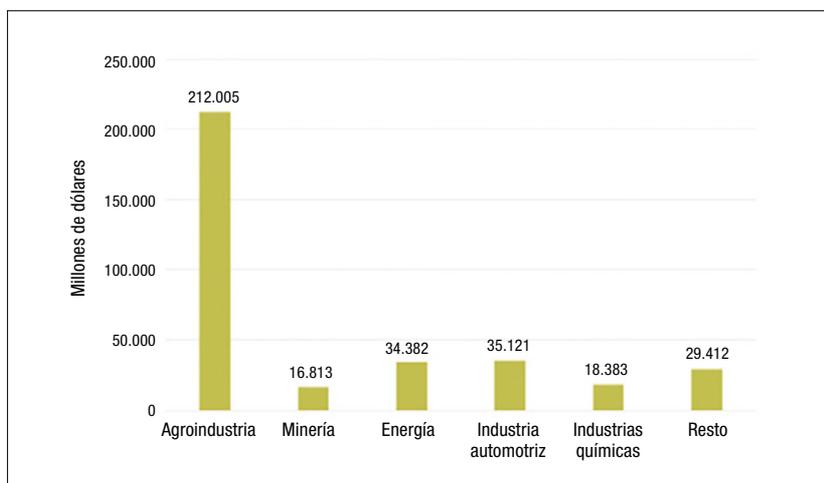


Figura 2 - Liquidación de divisas por cobro de exportaciones. Principales sectores de actividad. Acumulado 2020-2024. @BCRmercados en base a BCRA

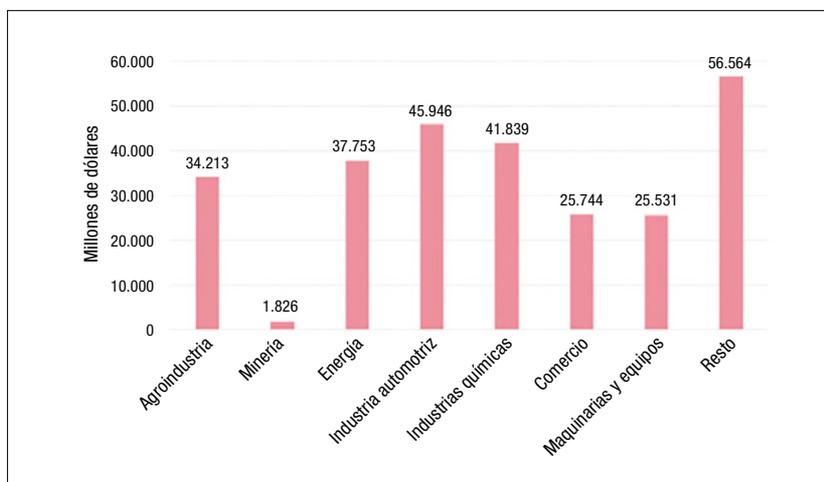


Figura 3 - Egreso de divisas por pago de importaciones. Principales sectores de actividad. Acumulado 2020-2024. @BCRmercados en base a BCRA

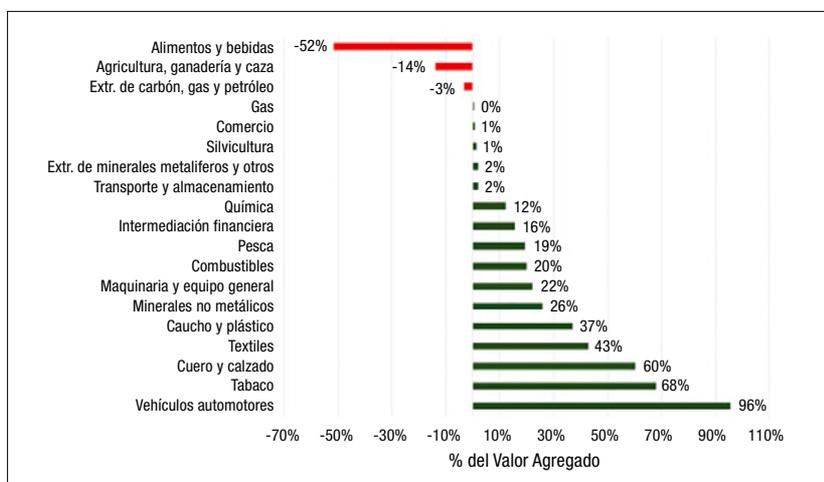


Figura 4 - Tasa de asistencia efectiva. Por actividad económica. Sectores seleccionados. Año 2023. @BCRmercados en base a OPC

Industrial y minero redundan en una necesidad de importaciones por debajo de los niveles de exportación. De esta manera, la agroindustria exportó seis dólares por cada dólar requerido en importaciones en los últimos cinco años. Asimismo, la minería exporta 9 dólares por cada dólar de importación (Ver Figura 3).

Con este contexto cambiario, resulta relevante conocer qué asistencia efectiva recibe cada sector de actividad. En este sentido, la Oficina de Presupuesto del Congreso (OPC) dio a conocer su estimación de la Tasa de Asistencia Efectiva por Actividad Económica. Este indicador cuantifica el nivel de asistencia que un sector recibe producto de la intervención del Estado en relación con el valor agregado que genera a lo largo de un año. Si fuera neutra, la intervención estatal no afecta el valor agregado de la actividad. Por otra parte, si fuera positiva la intervención aumenta el valor agregado de la actividad. Finalmente, si es negativa ello implica que la intervención estatal reduce el valor agregado de la actividad económica.

El indicador se construye sumando dos intervenciones: la Tasa de Protección Efectiva (TPE) y la Tasa de Asistencia Fiscal (TAF). La primera analiza cuanto se protege o no a un sector a través de aranceles y/o derechos de exportación. La segunda considera el conjunto de subsidios económicos, gastos directos y gastos tributarios que se llevan adelante para asistir a las empresas.

Si observamos las estimaciones de 2023, la OPC analizó 40 sectores de la economía argentina, encontrando una asistencia positiva para 37 de ellos. Sin embargo, los sectores de Alimentos y bebidas; Agricultura, ganadería y caza y Extracción de carbón, gas y petróleo tuvieron una asistencia efectiva negativa (Ver Figura 4).

Así, los únicos sectores con asistencia negativa forman parte del mayor renglón de las exportaciones nacionales y del grueso del aporte neto de divisas a la economía. La incidencia de los derechos de exportación explica prácticamente la totalidad de esta extracción sobre el sector agro. De acuerdo con datos del BID y estimaciones propias de BCR, los desincentivos y el apoyo negativo ponen un techo para el crecimiento y desarrollo del sector responsable de 92 de cada 100 dólares de exportaciones netas de la Argentina.

Industrias Savini + Elica

► Tecnología y experiencia para la industria aceitera



Prensas para oleaginosas de alto contenido de materia grasa

En Industrias Savini llevamos adelante proyectos llave en mano, incluyendo el diseño, fabricación, instalación, puesta en marcha y servicio post venta. También equipos individuales: prensas, cocinadores, extrusores, borreros, acondicionadores y más.

► Y junto a Elica, líder europeo, potenciando las soluciones

Representante en Argentina



Representantes en Argentina de la línea de equipos para el procesamiento de granos y semillas.
Equipos para transporte, procesamiento de granos, descascarado, almacenamiento y laboratorios.
Máquinas de clasificación óptica.
Sistemas de pesaje.



SAVINI
INDUSTRIAS SAVINI SRL

Libertador y Pasteur - Villa Gobernador Gálvez
(Santa Fe) - Argentina - Tel. 0341 492 8180 / 9792
contacto@industriassavini.com
www.industriassavini.com





Equipos y soluciones para la industria aceitera



www.allocco.com.ar



Excelencia
en servicios



Calidad
de productos



Compromiso
de garantía



www.alocco.com.ar



GREENLAB



Nuestras acreditaciones y certificaciones nacionales e internacionales sostienen nuestro trabajo

Primer laboratorio registrado GMP+ B11 de Latinoamérica

Laboratorio Autorizado por SENASA

Laboratorio de Ensayos PREFECTURA NAVAL ARGENTINA

Laboratorio de Análisis Industriales OPDS

Laboratorio Ambiental de la Provincia de Santa Fe

Certificación GAFTA Analyst - NSF Certification

Certificación FOSFA Analyst Member

Laboratorio Acreditado ISO/IEC 17025:2017

Secretaría de Ambiente de la Provincia de Córdoba, Registro Oficial de Laboratorios Ambientales

COFILAB, Consejo de Fiscalización de Laboratorios de la República Argentina, Laboratorio Certificado

Certificación ANMAT Red Federal de Laboratorios de Alimentos

Precisión y transparencia en todas nuestras metas empresarias

Calidad e Inocuidad Alimentarias

Análisis de Microorganismos

Análisis de Sustancias Indeseables

- Micotoxinas, Metales pesados, Pesticidas, Herbicidas
- Hidrocarburos Totales, BTEX, PAH's, PCB's, Dioxinas

Análisis Composicionales

- Proteínas Crudas y Solubles, Grasa, Fibras, Cenizas
- Vitaminas y Minerales, Perfil de Ácidos Grasos, Aminoácidos, Tocoferoles, Colesterol, Fosfolípidos

Protección Ambiental para la Industria

- Monitoreo de Aguas, Aire, Efluentes y Suelos
- Diseño de Muestreo y Análisis
- Composición de Lodos y Residuos
- Medición de Contaminantes en Ambiente Laboral y Calidad de Aire
- Estudios de Impacto y Auditorías Ambientales



acsola



senasa

opds



FOSFA

Santa Fe

Ministerio de AMBIENTE Y ECONOMÍA CIRCULAR

COFILAB

anmat

Laboratorio Central y Oficina Comercial
Bv. Rondeau 304 (S2013HEO)
T/F: +54 341 453 0990 / 453 3113
Rosario, Santa Fe, Argentina



+54 9 341 519-0392
info@greenlab.com.ar

greenlab.com.ar

BIODIÉSEL ARGENTINO, A CONTRAMANO DEL MUNDO

La producción de biodiésel en el primer semestre de 2025 fue de 445.983 toneladas, el total más bajo desde 2009. Las ventas al corte aumentaron levemente frente al año anterior, pero las exportaciones cayeron a niveles mínimos.

La producción de biodiésel atraviesa un 2025 muy complejo, a la luz de los números de producción hasta la primera mitad del año. Según datos de la Secretaría de Energía, la producción de biodiésel en el primer semestre de 2025 alcanzó 445.983 toneladas, el total más bajo desde 2009 cuando recién se comenzaba a desarrollar la industria en Argentina. En el mes de junio se logró un repunte ya que la producción alcanzó las 105.253 toneladas siendo un máximo en 10 meses, pero se viene de meses de una actividad muy limitada a pesar del ingreso de la nueva cosecha de soja al mercado.

La baja producción alcanzada hasta el momento se concentró fundamentalmente para el mercado interno. Las ventas domésticas –dominadas por las ventas al corte– fueron de 384.326 toneladas, el mayor total desde 2020 a igual momento del año, aunque un volumen por debajo de los vistos entre 2012-2020. Es decir, la producción destinada a la exportación registró una merma muy importante y limitó fuertemente el desempeño del sector en la primera mitad

de 2025. En lo que refiere al año calendario 2025, Oil World proyectó en abril que el país podría alcanzar una producción de 950.000 toneladas, volumen que podría estar solo por encima de 2008 y 2023. Igualmente, considerando que Argentina tiene una capacidad productiva de biodiésel teórica anual de 4,6 Mt, de alcanzar dicho volumen anual proyectado se tendría una ociosidad de casi el 80% del potencial productivo (Ver Figura 1).

En este marco, al analizar las exportaciones del primer semestre de 2025, según la Secretaría de Energía habrían sido de tan solo 30.000 toneladas, un mínimo histórico desde el comienzo de la serie en 2008. En este sentido, se continúa vislumbrando una situación crítica en materia de acceso a mercados externos, lo cual afecta fundamentalmente a las plantas industriales ubicadas en el Gran Rosario. De cara al resto

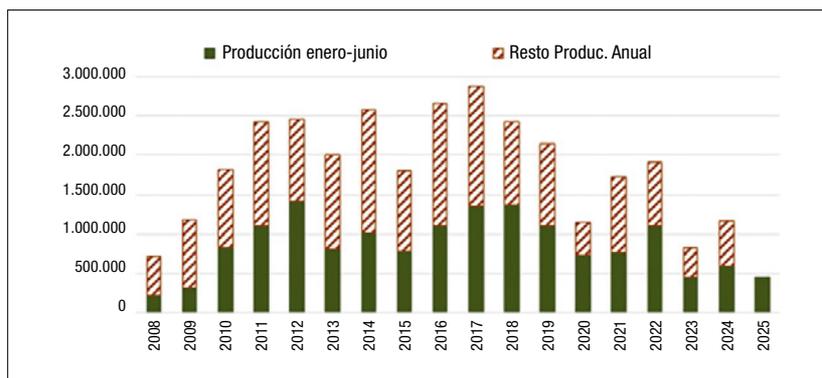


Figura 1 - ARG - Producción acumulada de biodiésel. En toneladas, período 2010-2025
 ©BCRmercados en base a datos de SE



del año, es muy factible que se vean más envíos al exterior, aunque se dependerá de los precios y factibilidad de enviar mayores volúmenes a la Unión Europea ya que el

mercado estadounidense continúa cerrado para Argentina. Se agrega que hubo una gran demanda importadora del aceite de soja argentino, lo cual dificultó la posibili-

dad de hacer negocios de exportación (Ver Figura 2).

Por el lado de la producción de biodiésel por provincias, Santa Fe continúa siendo la principal jurisdicción productora, pero en esta primera mitad de 2025 tuvo el peor desempeño desde al menos 2010. Al mismo tiempo, el share de participación de Santa Fe a igual fecha de años anteriores viene cayendo y en 2025 fue de tan solo 49%, cuando hace pocos años atrás el piso rondaba el 70% y hubo períodos en los que se superaba cómodamente el 80% de participación en el total incluso con volúmenes de producción más importantes.

Puntualizando sobre la situación de las empresas de Santa Fe, es muy grande la caída en la producción de aquellas plantas que no tienen cupo asignado para ventas al corte en el mercado doméstico y que se dedican a la exportación. Por el lado de las empresas santafesinas que tienen volumen asignado para el mercado doméstico, el cupo total fue de 172.838 toneladas, levemente por encima de las 156.721 toneladas del año anterior para igual período. En general, volúmenes que se han cumplimentado al comparar con las ventas al corte del conjunto de empresas de dicha provincia que participan de ese segmento. Igualmente, ante un corte obligatorio de biodiésel en gasoil que no logra crecer en el tiempo, los cupos han tendido a caer en perspectiva histórica (Ver Figura 3).

Por último, en perspectiva internacional, Oil World proyecta una producción total de biodiésel y HVO por 61,9 Mt en 2025, una leve caída de 1,79 Mt respecto al año previo por una esperada contracción productiva en Estados Unidos, Argentina, UE-27 y Canadá principalmente. Esto estaría compensado parcialmente por una mayor producción proyectada en Brasil e Indonesia que se mantienen muy firmes en materia productiva ante los mayores cortes para biocombustibles. Se destaca que, Estados Unidos no tuvo gran comienzo de año en materia productiva pero las expectativas siguen siendo positivas hacia adelante. Al mismo tiempo, tal como se puede ver en el gráfico tanto EE. UU., Brasil e Indonesia lideran el crecimiento en la producción, mientras que Argentina no logra dar en la tecla para subirse a dicha tendencia de un mayor agregado de valor en la cadena de la soja (Ver Figura 4).

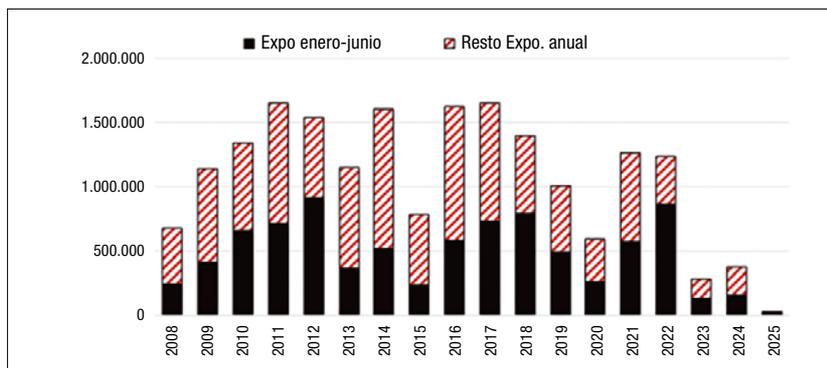


Figura 2 - ARG - Exportaciones acumuladas de biodiésel. En toneladas, periodo 2010-2025
©BCRmercados en base a datos de SE

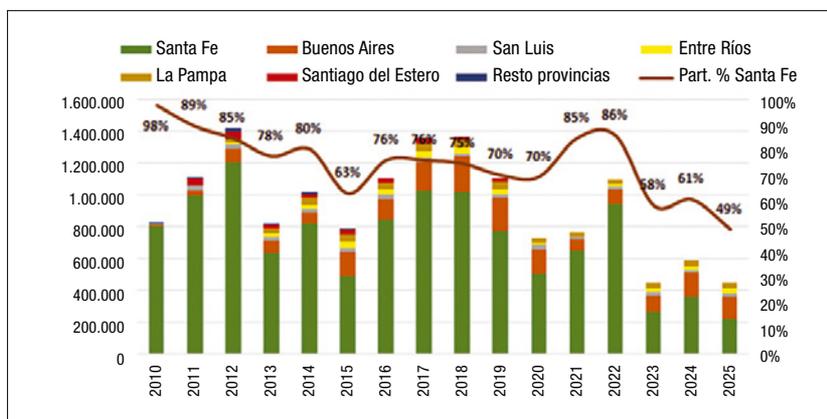


Figura 3 - Producción acumulada a igual período de biodiesel por provincias. Periodo 2010-2024
©BCRmercados en base a datos de Secretaría de Energía

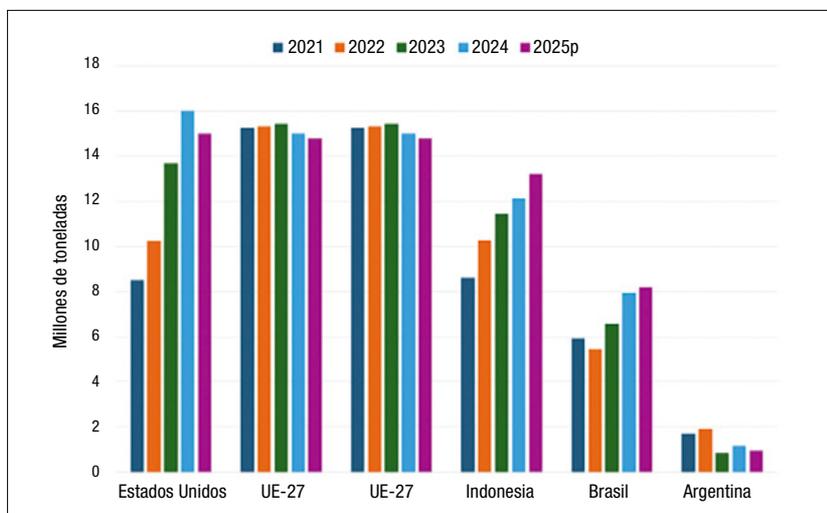


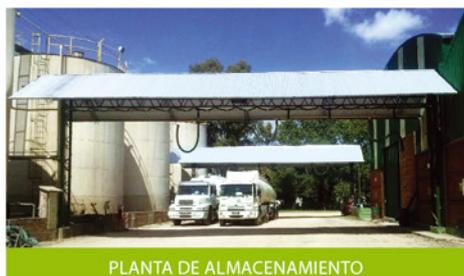
Figura 4 - Producción anual de biodiesel & HVO por principales países
©BCRmercados en base a datos de OilWorld

Don Gumer S.A.

Sub-Productos Vegetales
Aceites y Oleoquímicos



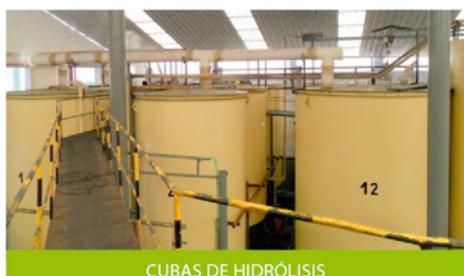
INGRESO



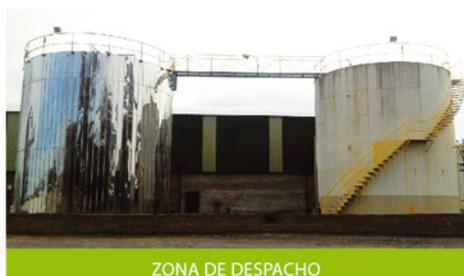
PLANTA DE ALMACENAMIENTO



TANQUES DE REFINACIÓN



CUBAS DE HIDRÓLISIS



ZONA DE DESPACHO

Somos especialistas en el
tratamiento de aceites y
ácidos grasos vegetales
y de una amplia gama de productos afines.

Nos dedicamos a elaborar **oleínas vegetales** y **oleoquímicos**, a partir de las borras y demás subproductos de la industria aceitera argentina.

- Estamos **conectados** con casi todas las industrias del rubro.
- Estamos en constante **crecimiento** con equipamientos, instalaciones y producción.
- Contamos con una **flota de camiones** propios.
- Desarrollando técnicas de procesos biológicos, acordes a los nuevos tiempos, **respetuosas del medio ambiente**.
- Comprometidos con las exigencias internacionales de trazabilidad y **certificaciones GMP+B2 y SENASA**.
- **Evolucionamos** reinvertiendo e incorporando innovación, con confianza en el país y sus objetivos.

Es bueno que exista una empresa seria,
eficiente, idónea y responsable para
ejercer esta función.

¡Don Gumer S. A. es esa empresa!

Administración: Lima 131 - 5° "K" - C.A.B.A. - Argentina

Planta Industrial: San Lorenzo 823 (B1824BWG) - P.I.L.E. Parque Indust. Lanús Este - Pcia. de Buenos Aires - Argentina

Planta Depósito: Calle 162 1400 (1876) - Bernal oeste - Pcia. de Buenos Aires - Argentina

Tel.: (54 011) 4289 1199 y rotativas - E-mail: dongumersa@gmail.com - Web: www.dongumersa.com.ar



GAMA COMPLETA DE ADSORBENTES

UNA SOLUCIÓN EFECTIVA PARA EL BLANQUEO
DE TODO TIPO DE ACEITES Y GRASAS



LO TRADICIONAL
ES BUENO,
**LA INNOVACIÓN
ES MEJOR**



CONFIABILIDAD DE ACTIVOS EN LA INDUSTRIA ACEITERA. PILAR ESTRATÉGICO PARA LA EXCELENCIA OPERACIONAL

Introducción

En el dinámico y altamente competitivo panorama de la industria aceitera, la búsqueda de la excelencia operacional no es una opción, sino una necesidad imperante para mantener y potenciar su rol como motor económico clave y líder mundial. En este camino hacia la optimización, un concepto que emerge con fuerza y como verdadero pilar: es la confiabilidad de activos. Más allá de una mera disciplina de mantenimiento, la confiabilidad representa una filosofía integral que permea cada aspecto de la operación, desde la concepción de un equipo hasta la estrategia corporativa, impactando directamente en la productividad, la seguridad, la calidad y, fundamentalmente, la rentabilidad.

Confiabilidad: Un Concepto Dual – Técnico y Filosófico

Técnicamente, la confiabilidad de un sistema o equipo se define como la probabilidad de que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función principal. El objetivo último del análisis de confiabilidad de los activos físicos es transformar las actividades reactivas y correctivas, que suelen ser no programadas y costosas, en acciones preventivas planificadas basadas en análisis objetivos del estado e historial de los equipos.

Sin embargo, reducir la confiabilidad a un mero cálculo matemático sería simplificar en exceso su verdadera dimensión. La confiabilidad es, en esencia, una "nueva forma de pensar", un cambio de actitud que debe involucrar a todo el personal, desde mantenimiento y producción hasta la alta gerencia. Esta aproximación se fundamenta en un sentido común hacia la eficiencia empresarial, no como una fórmula mágica, sino como un enfoque sistemático basado en el conocimiento para eliminar las causas de fallas y los factores que atentan contra la confiabilidad y la rentabilidad.

La confiabilidad industrial abarca un espectro amplio, no limitándose solo a los equipos. Se puede clasificar en cuatro áreas interconectadas que, de manera conjunta, forjan la robustez operativa de una planta aceitera:

- **Confiabilidad de Diseño: La Cimentación del Rendimiento Futuro.**

La confiabilidad de diseño es la piedra angular de cualquier sistema productivo robusto. Se refiere a la capacidad inherente de un activo o sistema para operar de manera con-

fiable, determinada en la fase de concepción y diseño. En la industria aceitera, esto significa seleccionar y configurar equipos (prensas, filtros, extractores, refineras, calderas, etc.) que no solo cumplan con los requisitos de producción, sino que también sean intrínsecamente fiables, fáciles de mantener y operar, y tolerantes a las variaciones del proceso. Una inversión adecuada en esta etapa, mediante el uso de análisis de modos y efectos de falla (FMEA - Failure Mode and Effects Analysis) en la etapa de diseño, simulación de procesos y la aplicación de principios de "diseño para la confiabilidad" (DFR), puede prevenir problemas crónicos y costosos a lo largo de toda la vida útil del activo. Evitar sub dimensionar equipos o elegir tecnologías no probadas y aprobadas para el entorno específico de una planta aceitera es crucial para no "heredar" problemas de confiabilidad desde el inicio.

- **Confiabilidad de Activos Físicos: El Corazón de la Operación.**

Esta es la dimensión más comúnmente asociada con la confiabilidad y se centra en el buen funcionamiento de la maquinaria, los equipos y la infraestructura física. En una planta aceitera, esto implica asegurar que bombas, motores, intercambiadores de calor, tanques, tuberías y sistemas de control operen de manera óptima, sin fallas inesperadas que detengan la producción. La confiabilidad de activos físicos se logra a través de programas de mantenimiento rigurosos, inspecciones periódicas, el uso de tecnologías de monitoreo de condición y la gestión proactiva de los repuestos. Un activo físico confiable es aquel que cumple su función esperada cuando se requiere, sin interrupciones, y dentro de los parámetros de rendimiento establecidos, garantizando el flujo continuo de materia prima y producto terminado.



Foto: Freepik

• **Confiabilidad de Procesos: Estabilidad y Consistencia en la Transformación.**

Mientras la confiabilidad de activos se enfoca en el "qué" (el equipo), la confiabilidad de procesos se centra en el "cómo" (la operación). Garantiza que los procesos productivos, como la molienda de semillas, la extracción de aceite, el refinado, incluyendo neutralizado, blanqueo y la desodorización, se mantengan estables, consistentes y dentro de las especificaciones operativas. Las desviaciones en la temperatura, la presión, el flujo o la calidad de la materia prima pueden impactar directamente sobre la eficiencia y la calidad del producto final, incluso si el equipo funciona correctamente. La confiabilidad de los procesos implica optimización de parámetros, control estadístico de procesos (SPC), estandarización de procedimientos operativos y la capacidad de responder rápidamente a cualquier variabilidad que pueda afectar la continuidad o la calidad de la producción.

• **Confiabilidad Humana: El Factor Determinante en la Ecuación**

Quizás el factor más subestimado y, a la vez, el más crítico. La confiabilidad humana se refiere a la capacidad de las personas para ejecutar sus tareas de manera consistente, segura y efectiva, minimizando errores y maximizando el rendimiento. En la industria aceitera, esto abarca desde el operario que supervisa una sala de control, hasta el técnico de mantenimiento que realiza una reparación compleja. La fatiga, la falta de capacitación, los procedimientos inadecuados, la comunicación deficiente o una cultura de seguridad débil pueden ser fuentes significativas de fallas, incluso en plantas con equipos de alta tecnología. Invertir en programas de capacitación continua, desarrollo de habilidades, ergonomía en el puesto de trabajo, y fomentar una cultura de mejora continua y reporte de los cuasi-accidentes es fundamental para elevar la confiabilidad humana y, por ende, la confiabilidad operacional global. Es el eslabón que conecta todos los procesos técnicos y estratégicos hacia la excelencia operacional.

Metodologías y Herramientas: El Conjunto Estratégico de la Confiabilidad

Para materializar esta filosofía, la ingeniería

de confiabilidad se apoya en un conjunto de metodologías y herramientas analíticas que permiten evaluar, predecir y mejorar la confiabilidad de sistemas complejos:

• **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM - Reliability Centered Maintenance):**

El RCM es una metodología estructural que busca optimizar las estrategias de mantenimiento al enfocarse en las funciones de los activos, los modos de fallas y sus consecuencias. En lugar de aplicar un mantenimiento preventivo genérico, el RCM analiza qué tipo de falla puede ocurrir, qué tan grave sería y cuál es la estrategia de mantenimiento más efectiva y económica para mitigarla. Para la industria aceitera, esto es crucial en equipos críticos como las prensas continuas que se utilizan para la extracción del aceite, los sistemas de extracción por solvente o las centrífugas, donde una falla puede significar pérdidas de importancia y significativas. El RCM ayuda a determinar si una tarea debe ser preventiva, predictiva o incluso, en algunos casos, mantener un enfoque de "correr hasta el fallo" (run-to-failure) cuando la consecuencia de la falla no justifica una intervención proactiva.

• **Análisis Causa Raíz (RCA - Root Cause Analysis): Profundizando en el Problema**

El RCA es una herramienta fundamental para identificar las causas subyacentes de las fallas, no solo los síntomas. Su objetivo es ir más allá de la "solución rápida" para encontrar la raíz del problema y prevenir su recurrencia. En la industria aceitera, un fallo en una bomba de aceite, por ejemplo, podría tener su causa raíz en una selección incorrecta del material del sello, una instalación deficiente, o tal vez, la falta de capacitación del operador.

Metodologías como los "5 porqués" (5 Whys), el diagrama de Ishikawa (espina de pescado) o el análisis de árbol de fallas (FTA) son comúnmente utilizadas para desentrañar la cadena de eventos que llevó a la ocurrencia de una falla. Al aplicar RCA, las organizaciones pueden implementar soluciones permanentes, optimizar los procesos y mejorar la confiabilidad a largo plazo.

• **Optimización del Ciclo de Vida de Activos (LCM - Life Cycle Management): Una Visión Estratégica.**

La optimización del ciclo de vida de activos (LCM) considera los costos y el rendimiento de un activo a lo largo de toda su vida útil, desde la adquisición, pasando por la operación y el mantenimiento, hasta la disposición final. No se trata solo de minimizar los costos iniciales de compra, sino de evaluar el costo total de propiedad (TCO - Total Cost of Ownership). En la industria aceitera, esto implica tomar decisiones informadas sobre cuándo reemplazar un equipo en lugar de repararlo, cuándo invertir en nuevas tecnologías de mayor eficiencia energética, o cómo planificar la desinversión de un activo. El LCM asegura que las decisiones de inversión en activos se basen en un análisis completo de su contribución a la rentabilidad y confiabilidad a lo largo del tiempo, no solo en la inversión inicial.

• **Implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS): El Cerebro Operacional**

La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS, por sus siglas en inglés) es crucial para el éxito de cualquier estrategia de confiabilidad. Un CMMS moderno no es solo una herramienta para programar órdenes de trabajo; es la columna vertebral digital que integra y gestiona toda la información relacionada con el mantenimiento. Permite planificar y programar el mantenimiento preventivo y predictivo, gestionar el inventario de repuestos, llevar un registro detallado del historial de fallas y reparaciones, y monitorear los indicadores clave de rendimiento (KPI's) de los activos. En una planta aceitera, un CMMS eficiente puede significar la diferencia entre una parada de producción prolongada y una intervención rápida y planificada, al proveer visibilidad operativa en tiempo real y facilitar la toma de decisiones basada en datos.

La Confiabilidad en Acción: Impacto Directo en la Industria Aceitera

La aplicación de la filosofía y las herramientas de confiabilidad de activos se traduce directamente en beneficios tangibles para

las operaciones, la competitividad y la sostenibilidad de la industria aceitera:

- **Reducción de Costos: Minimizando Pérdidas y Optimizando Recursos**

La confiabilidad impacta directamente sobre la rentabilidad al minimizar el tiempo de inactividad de los equipos y procesos, y reducir la necesidad de mantenimientos correctivos costosos. Las fallas no planificadas conllevan gastos de reparación urgentes, horas extra del personal, envío acelerado de repuestos y pérdida de producción. Un enfoque proactivo en la confiabilidad reduce drásticamente dichos costos. Adicionalmente, equipos más eficientes energéticamente y con menos fugas (de aceite, vapor, aire comprimido) contribuyen a un menor consumo de insumos y una gestión más eficiente de los recursos, impactando positivamente en el balance final.

- **Aumento de la Productividad y Eficiencia: Maximizando el Rendimiento**

Equipos que operan de manera constante y sin interrupciones aumentan la capacidad de producción y mejoran la eficiencia general de la planta. Esto se traduce en un mayor volumen de molienda, una extracción más eficiente y un mayor rendimiento en el proceso de refinado. La confiabilidad permite alcanzar y mantener altos niveles de Eficiencia General de los Equipos (OEE - Overall Equipment Effectiveness), un indicador clave que considera la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. En una industria de alto volumen como la aceitera, cada punto porcentual de mejora en

la OEE se traduce en un aumento significativo de la producción y la competitividad.

- **Mejora de la Seguridad: Un Entorno de Trabajo Más Protegido**

La confiabilidad es intrínsecamente ligada a la seguridad. Menos fallas significan menos situaciones de riesgo, menos accidentes y un entorno de trabajo más seguro para los operarios. La implementación de programas de mantenimiento predictivo, por ejemplo, permite identificar y corregir fallas potenciales antes de que se conviertan en incidentes graves. Además, un enfoque en la confiabilidad promueve una cultura de proactividad, donde se identifican y mitigan riesgos antes de que se materialicen, previniendo fallas humanas y de equipos que puedan derivar en derrames, explosiones o lesiones.

- **Calidad del Producto: Consistencia y Reputación**

Un proceso estable y equipos funcionando de manera óptima aseguran la consistencia y calidad del producto final, algo crítico en la industria alimentaria. Las paradas intempestivas o las fallas en equipos clave (como intercambiadores de calor o filtros) pueden introducir impurezas, afectar las propiedades organolépticas o generar productos fuera de especificación. La confiabilidad garantiza que los parámetros de proceso se mantengan dentro de los rangos deseados, minimizando la variabilidad y asegurando que el aceite producido cumpla con los más elevados estándares de calidad, protegiendo así la reputación de la marca en un mercado exigente.

- **Sostenibilidad y Medio Ambiente: Producción Responsable**

La operación eficiente de los activos reduce el consumo de energía, la generación de residuos y la huella de carbono, contribuyendo a una producción más sostenible, un aspecto cada vez más valorado globalmente. Un equipo confiable consume menos energía debido a su operación optimizada, y minimiza la generación de subproductos defectuosos que requieren reprocesamiento o descarte. Además, la prevención de fallas reduce el riesgo de derrames o emisiones que podrían tener un impacto ambiental negativo. La confiabilidad, por lo tanto, no solo es una cuestión económica, sino también un compromiso con la responsabilidad ambiental y social corporativa.

- **Confiabilidad Operacional: Impulsando la Excelencia Sostenible**

La confiabilidad de activos no es una moda pasajera, sino una estrategia robusta y demostrada para alcanzar la excelencia operacional y la competitividad a largo plazo. En la exigente industria aceitera, adoptar e integrar esta filosofía en cada eslabón de la cadena de valor es fundamental para asegurar la continuidad de las operaciones, optimizar recursos, garantizar la calidad y seguridad, y fortalecer la posición en el mercado global. Es una inversión que va más allá de la tecnología, una inversión en conocimiento, en procesos y, fundamentalmente, en las personas, que rendirá frutos en la construcción de un futuro más productivo, seguro y sostenible para toda la industria.



MÁS DE 30 AÑOS
AGREGANDO VALOR
A LA CADENA
AGROINDUSTRIAL

www.terminal6.com.ar



Torres de enfriamiento **SINAX**

Fabricadas en Argentina desde 1967 bajo licencia de Cofely Refrigeration GmbH (anteriormente Sulzer Escher Wyss GmbH) de Lindau, Alemania.

EWK:

Construidas íntegramente en PRFV

EWB:

Industriales, compactas con y sin pileta de PRFV

EWZ:

Industriales, en hormigón armado, para grandes caudales

Más de 10.000 unidades instaladas en Argentina y otros países avalan nuestra confiabilidad y rendimiento certificado.

SINAX

Los beneficios de la tecnología

Sinax S.A. Neuquén 5801, (B1605FID) Munro, Buenos Aires
Tel.: 54 11 4756-9800, Fax: 54 11 4762-0199
torres@sinax.com.ar - www.sinax.com.ar



SILOS Y ACOPIO DE GRANOS.

ANÁLISIS DE LOS RIESGOS

La planta de silos

Las plantas de silos o acopios de granos son básicamente depósitos donde se almacenan las semillas una vez cosechadas del campo, y que se encuentran a la espera de ser despachadas en camiones o ferrocarril hacia su destino final.

Puede tratarse de un solo silo, de un número de ellos (batería de silos) o de un complejo compuesto por un conjunto de silos y celdas.

La mayor parte de acopios, ubicados en las zonas rurales, almacenan los granos provenientes de los productores que carecen de espacios para el almacenaje. Estos granos permanecen en los silos por períodos cortos, aunque eventualmente, debido a variaciones de precio estacional, pueden permanecer por varios meses.

Luego siguen su camino en camiones o en tren, que pueden llevarlos a su vez, a puertos o terminales portuarias para ser despachados por barco hacia otros países, o ser comercializados para su procesamiento en industrias, tal como molinos harineros o fábricas de aceite, cuando se trate de semillas oleaginosas.

Una vez que los granos llegaron al predio de acopio (vía terrestre), se lo pesa y se toman muestras con el objeto de determinar su calidad y la humedad que contiene. Estas mediciones se realizan en instalaciones pequeñas ocupadas por laboratorios. Máquinas secadoras de gran tamaño secarán los granos mediante la circulación de aire caliente, para reducir la humedad que contengan, si se determina que su nivel es elevado.

Los granos pueden, durante su estadía, ser cambiados de silo (transilaje), lo cual permite una mejor aireación de los granos y es una buena medida (entre otras) para prevenir la

combustión espontánea, fenómeno natural que comienza con un aumento de la actividad bacteriana producto de eventuales ingresos de humedad y que deriva en la ignición del grano y posterior incendio al ingresar una masa de aire al silo. A tal fin, los silos deben disponer de aireación mecánica, y su temperatura interior ser periódicamente controlada, siendo la manera más efectiva mediante termocuplas instaladas en el interior de los mismos.

Los granos almacenados pueden ser atacados por pestes, por lo que es aconsejable que exista implementada una política de control y fumigación.

La combustión espontánea

La COMBUSTION ESPONTANEA es uno de los riesgos intrínsecos más conocidos de los oleaginosos; como se sabe, la combustión espontánea es favorecida por los siguientes elementos, a saber:

- Humedad
- Presencia de grasas o aceites
- Presión
- Temperatura

La humedad y temperatura son elementos que se pueden controlar en los silos mediante instalaciones adecuadas; la presencia de aceites es un riesgo que no se puede disminuir pues justamente se trata de semillas oleaginosas. La presión también es un riesgo intrínseco que viene relacionado directamente con la altura de los silos.

El aumento de la temperatura no se produce en forma instantánea, sino que lleva varios días de evolución, de modo que puede ser detectado cuando se dispone de termocuplas adecuadas y control diario. Los sistemas de aireación por cañerías perforadas y por tran-

silaje, contribuyen a mantener la temperatura bajo los límites riesgosos.

No obstante, fallas humanas, de los equipos y aún las malas intenciones pueden provocar una elevación espontánea de la temperatura que desencadene una combustión espontánea.

El fenómeno descrito se producirá con mayor facilidad en la base y parte media de los silos, donde la presión y temperatura son mayores, de resultas de lo cual se van formando huecos por efecto de la disminución del volumen de la semilla al quemarse debido a la presencia escasa de oxígeno en el seno de la semilla, consumiéndose lentamente a medida que se alimenta con el escaso oxígeno existente.

De esta manera se van formando los mencionados huecos hasta un momento determinado donde la presión del cereal hace ceder a las costras carbonizadas, resultando entonces a desmoronamiento súbito, con caída de semillas desde alturas considerables, produciendo golpes en las paredes y bases de los silos.

Cuando los huecos formados son grandes antes del desmoronamiento, los golpes de la semilla en el silo pueden producir su fisura e incluso reventones, a lo que debe agregarse el riesgo lógico del incendio como consecuencia de la liberación rápida de una masa ígnea al oxígeno exterior.



Combustión espontánea en el interior de celdas que contienen semillas de girasol

La producción de gases inflamables como consecuencia de la combustión espontánea también puede producir explosión dentro del silo, rompiendo sus paredes.

Ni la combustión espontánea, ni los daños al silo por efecto del desmoronamiento de semilla están normalmente cubiertos por las pólizas de Incendio; el primero de ellos puede cubrirse mediante una sobreprima, pero el segundo se incluye solamente en los seguros de Todo Riesgo Operativo, en la medida que sean situaciones imprevistas.

Verificar en la inspección: Medidas para el control de la temperatura del grano, sistemas de ventilación de silos o de transilaje, sistema de combustible de la secadora, medidas de protección contra incendio, material de las construcciones, estado de mantenimiento del cableado y sistema eléctrico en general, instalaciones de tipo anti-explosivo, existencia de polvo en el aire y sistemas de colección de polvo, limpieza en general. (Ver la CIRCULAR LEA 03.01 COMBUSTIÓN ESPONTÁNEA https://www.lea-global.com/uploads/circulares/2015/09/1_combustion_espontanea_de_granos.pdf)

Índice de exposición

Ver Tabla 1.

(a) Debe considerarse más alto si se reciben granos bajo el sistema de warrants.

El robo de granos es un riesgo tradicionalmente de poca exposición, (es necesario contar con camiones para robarlo y se necesita tiempo para cargarlo) aunque últimamente han aparecido casos resonantes merced al alto valor de los granos y falta de control por parte las autoridades en las rutas. Los bienes potencialmente robables son: dinero

que pueda haber en las oficinas, computadoras, herramientas, equipos inadecuadamente asegurados a sus bases o inadecuadamente protegidos si son equipos móviles, mata-fuegos o mangueras. Asimismo, es común que en este tipo de acopios se almacenen fertilizantes o herbicidas, productos de muy alto valor individual, sin las correspondientes medidas de seguridad.

La cobertura de robo de granos es típicamente solicitada cuando se trata de cereales almacenados bajo el sistema de "warrants". En ese caso, deberán evaluarse cuestiones adicionales para decidir acerca de su suscripción. Lo específico del análisis hace que no todas las compañías del mercado otorguen dicha cobertura.

Verificar en la inspección: medidas de seguridad implementadas durante el horario que los silos no operan, proximidad a rutas que faciliten el escape de los ladrones.

Recopilar información acerca de: montos máximos de dinero en efectivo que puede existir en las instalaciones, existencia (cantidad y valor) de herbicidas y fertilizantes.

(b) Automotores – Responsabilidad civil

Exposición: existe si el asegurado posee sus propios camiones con los cuales traslada los granos, siendo los peligros: viajes largos realizados por rutas, vehículos de gran porte, trailers, mantenimiento inadecuado de los camiones. Verificar durante la inspección: supervisión adecuada al momento de la carga y condiciones de mantenimiento de los vehículos.

Recopilar información acerca de: experiencia y edad de los conductores, radios más frecuentes de operación, programa de

mantenimiento de los vehículos. Indicar si los camiones son utilizados por el personal durante los fines de semana para actividades personales.

(c) Los silos que se ubican muy cerca de edificaciones o instalaciones vecinas, constituyen un riesgo de daños a terceros, particularmente por el riesgo de explosión inherente a la actividad. Los daños pueden ser de tipo material o inclusive provocar la muerte o lesiones a personas. Otros posibles reclamos pueden originarse en excesos de polvo en el aire que provoque molestias a los vecinos, daños a personas que acceden a las zonas de carga y descarga. Asimismo, el uso de productos organo fosforados como insecticidas, puede dar lugar a contaminación de acuíferos o aguas en puertos de embarque.

Es importante que el predio del asegurado cuente con un alambrado que delimite las instalaciones propias, que haya señalización indicando si existe alguna zona particularmente riesgosa para personas ajenas al establecimiento, o que se indiquen claramente zonas de acceso restringido.

Si bien el control de las fuentes de ignición es relevante desde el punto de vista de la cobertura de incendio, no es menos importante cuando se analiza la cobertura de responsabilidad civil.

Verificar durante la inspección: proximidad de los silos a las edificaciones vecinas, delimitación de áreas para carga y descarga, controles de fuentes de ignición (por ejemplo: prohibición de fumar).

(d) Una característica propia de la actividad es la contratación de personal temporario durante las épocas de recolección de los

Tabla 1		
Cobertura	Índice de peligrosidad	Observación
Automotores	Bajo	b
Daños por agua	Alto	
Responsabilidad civil comprensiva	Alto	c
Robo	Medio	a
Riesgos del trabajo	Alto	d
Incendio y adicionales	Alto	e
Interrupción de la explotación	Medio	f



Vista general planta de silos, hs después de su desmoronamiento

granos, el cual se agrega al personal estable con que pueda contar el establecimiento. Los accidentes de trabajo, tienen su origen en algunas de las siguientes causas:

- El trabajo realizado con sogas, cables y herramientas en general.
- Trabajos en la parte superior de los silos, para los cuales es necesario alcanzar alturas importantes mediante escaleras o moverse y caminar en altura.
- Caídas en celdas con capacidad de almacenamiento subterráneo
- Inexperiencia de los empleados
- Plataformas móviles
- Explosiones
- Quemaduras
- Tareas de fumigación

Verificar en la inspección: Descarga a tierra en todos los equipos y maquinarias que así lo requieran, estado de conservación de las escaleras, existencia de máscaras disponibles para los empleados que realizan fumigaciones o guantes en los casos que sea necesario, medidas de seguridad implementadas en plataformas móviles. Recopilar información acerca de: experiencia y edad de los empleados.

e) Exposición: como se indicó en el cuadro anterior, el riesgo es alto. Ello se debe a diversos factores: polvo generado por el movimiento de los granos esparcido en el aire, limpieza deficiente, combustión espontánea de los granos, peligro de explosión, electricidad estática producida por las maquinarias, chispas, pequeñas piezas de metal que pueden entremezclarse con las semillas al trasladarse en las cintas transportadoras, presencia de combustibles o químicos, existencia de secadoras como parte del proceso, tareas de soldadura, cigarrillos.

En principio podemos distinguir dos tipos de granos o semillas, con diferente grado de peligrosidad, a saber:

- Oleaginosas
- No oleaginosas

Los primeros tienen un riesgo adicional producto del alto contenido de aceite. En esta categoría se encuentran: maní, girasol, soja, maíz, lino, etc, siendo los dos primeros (maní y girasol) los de mayor riesgo.

En el segundo caso se encuentra el trigo, sorgo, avena, etc, de riesgo considerablemente menor a los anteriores.

No obstante, es común que las plantas de silos acopien, según las distintas épocas de año, tanto oleaginosas como no oleaginosas.

Los principales siniestros de consideración que se pueden presentar en depósitos de semillas en silos, son los siguientes:

- Incendio
- Explosión
- Rayo
- Ciclones, tornados, huracanes
- Movimientos sísmicos
- Inundación o mojadura
- Falta de funcionamiento de la maquinaria
- Combustión espontánea
- Daños intencionales

En silos de hormigón armado es muy improbable el riesgo de colapso por huracán, ciclón o tornado, ya que estas construcciones resisten embates de vientos del orden de los 200 km/h sin dificultades; la situación es distinta cuando se trata de silos con el coronamiento con cerramientos o cubierto de chapas, que son construcciones livianas sujetas a voladuras aún con vientos suaves.

En el supuesto anterior es muy posible el daño consecuente por efecto del agua que pueda penetrar por las aberturas dejadas por el viento en las cubiertas de los silos.

Las posibilidades de inundación o mojadura merecen un detenimiento en su análisis, ya que son ciertamente probables, tal como surge de la siguiente enumeración de posibilidades:

- Rotura de la cubierta o ventanas o aberturas sin cerrar en el coronamiento de los silos, con lluvias y vientos considerables
- Inundación del piso, con entrada de agua a las tolvas de descarga de semilla desde vagones o camiones, e ingreso de grano mojado o húmedo al accionar inadvertidamente el mecanismo de cangilones para cargar los silos.
- Pérdida en conductos de desagües pluviales e incluso instalaciones contra incendio.

Además de los daños a la propia semilla por efecto de la humedad, puede ocurrir que al complicarse o trabarse el transilaje por algún motivo, la semilla se hincha dentro de los tubos de los silos, produciendo su rajadura y aún su colapso.

La falta de funcionamiento de la maquinaria elevadora, roscas, redblers, sistemas neumáticos, cintas transportadoras, etc., es un elemento adicional que puede complicar una situación de riesgo motivada por otro hecho, tal como hemos mencionado.

Tabla 2

Actividad	Listado de riesgos relevantes
Recepción de las semillas en camión o ferrocarril	Explosión generada por la gran cantidad de polvo. (*)
Limpieza de las semillas en zarandas o chamiqueras	Explosión generada por la gran cantidad de polvo.
Secado de semillas, realizado con secadoras que generan aire caliente directo.	Polvillo y riesgo de incendio debido al mal funcionamiento de quemadores. Existencia de gas o combustibles líquidos. Riesgo derivado del mal estado o deficiencias en éstas instalaciones.
Transilaje para enfriado de semillas almacenadas	Eventual explosión a consecuencia de la gran cantidad de polvo en el aire. Incendio, explosión.
Depósito de las semillas en los silos	Combustión espontánea por aumento de la temperatura, no detectado ni corregido a tiempo.

(*) Ver CIRCULAR LEA 08.04 https://www.lea-global.com/uploads/circulares/2015/09/4_explasion_de_polvos.pdf.



Incendio en secadora de granos

f) Exposición: es más grave si el siniestro ocurre en la época “pico”, ya que será complicado encontrar capacidad disponible en otros acopiadores. No siempre la maquinaria necesaria puede obtenerse fácilmente o en plazos cortos si la destrucción fue total.

Verificar en la inspección: tipo de granos

almacenados, capacidades máximas (por silo y en total).

Recopilar información acerca de: tiempo necesario para reconstruir las instalaciones, disponibilidad de almacenamiento en las cercanías y costos de alquiler de espacio, posibilidades reales de reemplazo o adqui-

sición de las maquinarias potencialmente destructibles.

Ver Tabla 2.

Silos y/o acopio de granos

Ver Tabla 3.

Tabla 3		
Actividad	Listado de riesgos relevantes	Medidas de protección y/o prevención
Recepción de las semillas en camión o ferrocarril	Explosión generada por la gran cantidad de polvo.	Verificar existencia aspiraciones, ciclones y demás elementos supresores de polvo.
Limpieza de las semillas en zarandas o chamiqueras	Explosión generada por la gran cantidad de polvo.	Idem anterior.
Secado de semillas, realizado con secadoras que generan aire caliente directo.	Polvillo y riesgo de incendio debido al mal funcionamiento de quemadores. Existencia de gas o combustibles líquidos. Riesgo derivado del mal estado o deficiencias en éstas instalaciones.	Verificar existencia de procedimientos periódicos de limpieza de secadoras. Disponer de extinción por rociado de agua dentro de la cámara de secado. Verificar condiciones de la instalación de combustibles. Disponer de extintores debidamente señalizados.
Transilaje para enfriado de semillas almacenadas	Eventual explosión a consecuencia de la gran cantidad de polvo en el aire.	Verificar existencia, aspiraciones, ciclones y demás elementos supresores de polvo.
Depósito de las semillas en los silos	Incendio, explosión. Combustión espontánea por aumento de la temperatura, no detectado ni corregido a tiempo.	Verificar existencia de termocuplas, ventilación forzada y existencia de procedimientos de actuación.
Silos de chapa	Vientos, exposición especialmente agravada cuando los silos son de metal y se encuentran vacíos.	Evitar mantener silos totalmente vacíos. Observar condiciones de anclaje y mantenimiento.

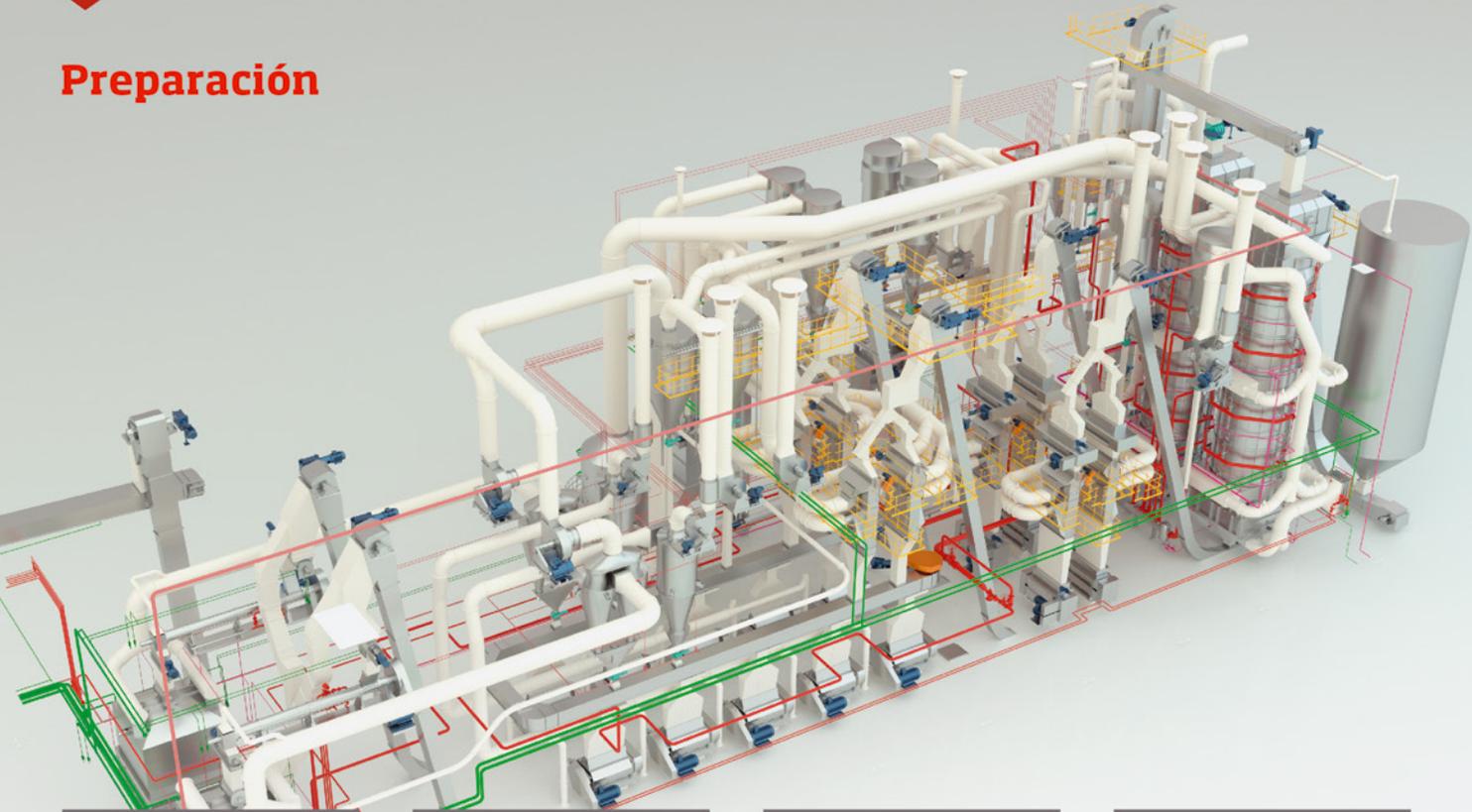


Construimos el futuro junto a nuestros clientes.

- Montaje de plantas industriales.
- Obras mecánicas.
- Obras de electricidad.
- Obras de automatismo.
- Mantenimiento de plantas industriales.



Preparación



Acondicionador



Quebrador



Aspirador



Laminador



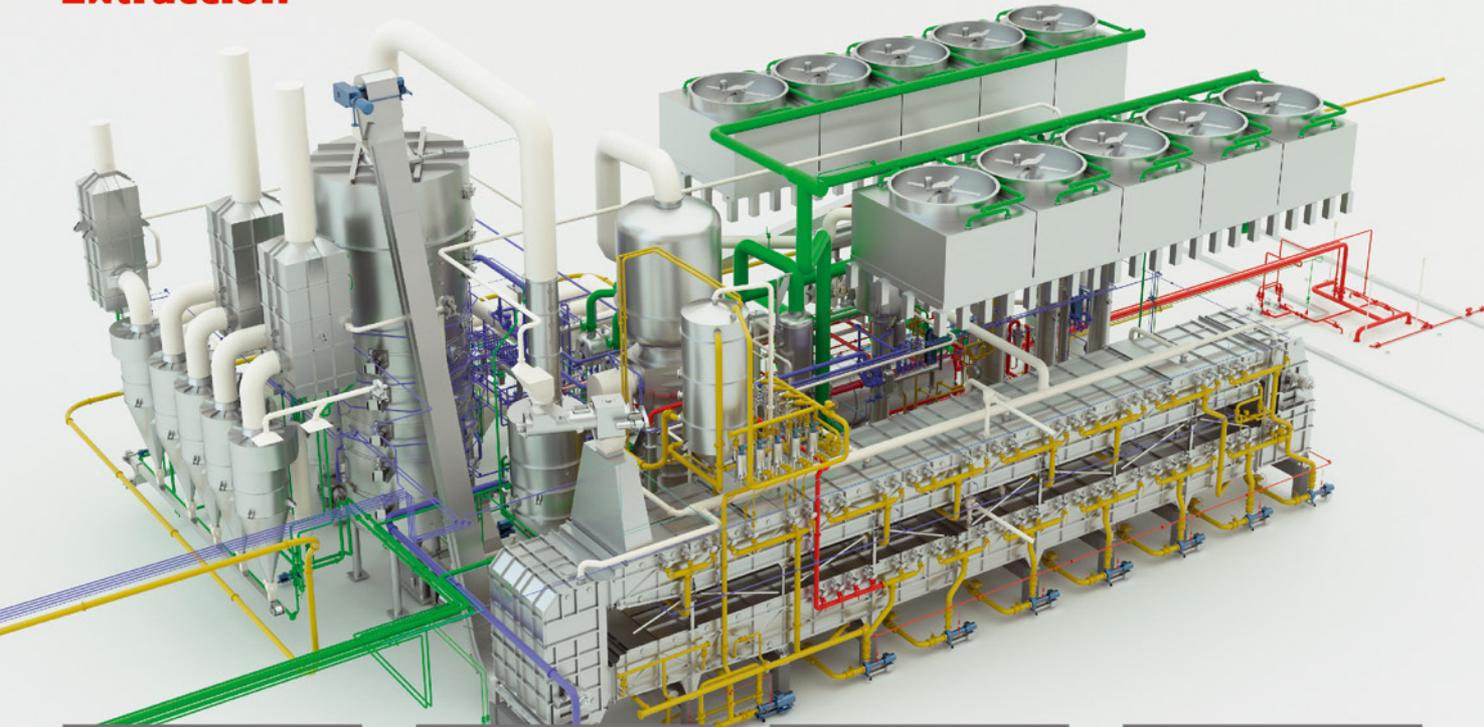
PLANTAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE
"LLAVE EN MANO" & Mejoras de
instalaciones existentes.

Desarrollamos soluciones llave en mano, incluyendo ingeniería, provisión de equipos y puesta en marcha. Optimizamos además, secciones específicas de plantas existentes.

► Myande Group Co., Ltd.

No. 199, South Ji'An Road Yangzhou City (225127)
 Jiangsu Province, China. Phone: +86-514-87849111 /
 info@myande.com

Extracción



Extracción



DTDC



Destilación



Refinería



Nuestros equipos se destacan por su eficiencia y calidad, ayudando a reducir costos y a maximizar la rentabilidad.

Brindamos soluciones confiables y robustas, diseñadas

para las exigencias del mercado sudamericano y adaptadas a las necesidades de cada cliente.

Contáctenos y descubra cómo potenciar su producción.

**Repuestos para máquinas
de Procesos**

ALTA TECNOLOGÍA

Para la industria Agroalimentaria

- › Cilindros rectificados, mateados y estriados de alta calidad



Bainitic Quality
BBR FLAKING ROLL
22-32" Ø

Full Harness
IBR FLAKING ROLL
22-32" Ø

K70 Quality
K70 FLAKING ROLL
22-32" Ø

K70 Quality
K70 CRACKING ROLL
10-16" Ø

K36 Quality
K36 CRACKING ROLL
10-16" Ø



BalaguerRolls
High Quality Centrifugally Cast Rolls

ROTEX[®]
HIGH PERFORMANCE SCREENERS

- › Provisión de repuestos originales
- › Soporte técnico online y en planta
- › Capacitaciones técnicas
- › Servicio de Inspecciones técnicas de equipos

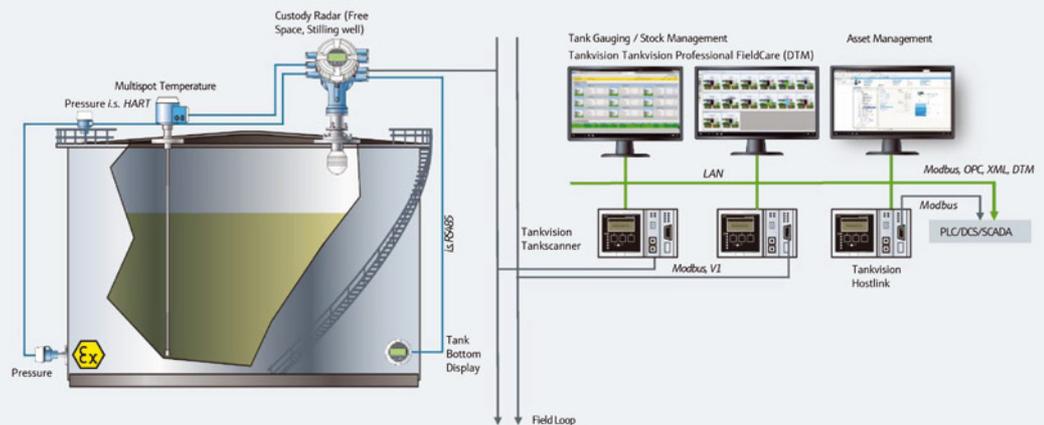


› **ARGENTINA Headquarters**
Juan Pablo II 6750 (S2010AMP)
Rosario - Santa Fe - ARGENTINA
Tel: +54 (0341) 523-1111

Contacto: Diego Ferrer
repuestos@proglobal.com
+54 9 (341) 597-3468

Soluciones para la gestión de inventario

- Evite pérdida, extravío y faltante de producto en los traspasos
- Mejore la seguridad patrimonial
- Calcule costos de transferencia inter planta
- Acceda de manera local o remota



Conozca más sobre la solución



ELECTRIFICACIÓN DE PLANTAS DE CRUSHING

Resumen / Abstract

La industria de procesamiento de semillas oleaginosas enfrenta el desafío de mantener su competitividad mientras reduce su huella de carbono dentro de un contexto de creciente presión regulatoria, exigencias de mercado y compromisos climáticos globales. Este artículo explora la electrificación de procesos térmicos en plantas de Crushing mediante tecnologías como bombas de calor industriales y recompresión de vapor (MVR y TVR), que permiten recuperar calor residual, reducir el consumo de vapor y disminuir significativamente las emisiones de CO₂.

Se presentan criterios de diseño, datos reales de consumo energético, análisis de fuentes y sumideros térmicos, y casos de aplicación en otras industrias, demostrando la madurez y versatilidad de estas soluciones. Además, se abordan aspectos claves como la selección de refrigerantes, el uso de inteligencia artificial y gemelos digitales para optimizar el rendimiento, y los modelos de financiamiento disponibles con la finalidad de viabilizar su implementación.

La electrificación térmica se integra de forma natural con estrategias corporativas de descarbonización, como los Science-Based Targets, reportes ESG, auditorías energéticas y compras de energía renovable. Por lo que su adopción no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la reputación empresarial, facilita el acceso a financiamiento verde y posiciona a las plantas como líderes en sostenibilidad.

En América Latina, el avance de políticas públicas, incentivos fiscales y cooperación internacional crea un entorno favorable para la adopción de estas tecnologías. La industria de procesamiento de semillas oleaginosas, en virtud de su escala y perfil térmico, tiene una oportunidad única de liderar esta transición, demostrando que la descarbonización industrial es posible, rentable y replicable.

The oilseed industry faces the challenge of maintaining competitiveness while reducing its carbon footprint, amid increasing regulatory pressure, market demands, and global climate commitments. This article explores the electrification of thermal processes in crushing plants through technologies such as industrial heat pumps and vapor recompression (MVR and TVR), which enable the recovery of residual heat, reduce steam consumption, and reduce significantly CO₂ emissions.

It presents design criteria, real energy consumption data, analysis of heat sources and sinks, and application cases from other industries, demonstrating the maturity and versatility of these solutions. Key aspects such as refrigerant selection, the use of artificial intelligence and digital twins for performance optimization, and available financing models are also addressed.

Thermal electrification naturally aligns with corporate decarbonization strategies, including Science-Based Targets, ESG reporting, energy audits, and renewable energy procurement. Its adoption not only improves operational efficiency but also enhances corporate reputation, facilitates access to green financing, and positions plants as sustainability leaders.

In Latin America, advances in public policy, tax incentives, and international cooperation are creating a favorable environment for the adoption of these technologies. The oilseed processing industry, due to its scale and thermal profile, has a unique opportunity to lead this transition, demonstrating that industrial decarbonization is possible, profitable, and replicable.

Glosario

Bomba de Calor (Heat Pumps, HP):

Dispositivo que transfiere calor desde una fuente de baja temperatura hacia un sumidero de mayor temperatura utilizando energía eléctrica. En la industria, permite recuperar calor residual y reutilizarlo para calentar agua o generar vapor, mejorando la eficiencia energética.

Recompresión de Vapor (MVR/TVR):

Tecnologías que permiten reutilizar vapor de baja presión elevando su temperatura y presión. La MVR (Mechanical Vapor Recompression) lo hace mediante compresión mecánica, mientras que la TVR (Thermal Vapor Recompression) utiliza vapor motriz de alta presión para capturar el vapor residual.

Indicador de eficiencia energética que relaciona la energía térmica útil entregada con la energía eléctrica consumida. Un COP elevado implica una mayor eficiencia. Además, es clave para evaluar el desempeño de bombas de calor y sistemas de recompresión.

COP (Coeficiente de Rendimiento):

Indicador de eficiencia energética que relaciona la energía térmica útil entregada con la energía eléctrica consumida. Un COP elevado implica una mayor eficiencia. Además, es clave para evaluar el desempeño de bombas de calor y sistemas de recompresión.

Fuente y Sumidero de Calor:

En un sistema térmico, la fuente es el lugar

de donde se extrae el calor (por ejemplo, efluentes calientes o gases de escape), y el sumidero es donde se aplica el calor recuperado (como precalentamiento de agua o aire utilizado en el proceso).

Refrigerante:

Sustancia utilizada en bombas de calor para absorber y liberar calor durante los ciclos de compresión y expansión. Su elección influye en la eficiencia del sistema (COP), la temperatura alcanzable y el cumplimiento de normativas ambientales. Se priorizan refrigerantes naturales como amoníaco, CO₂ y propano, debido a su bajo impacto climático.

Carga térmica:

Cantidad de energía térmica requerida o disponible en un proceso industrial. En el contexto del artículo, se refiere tanto a la demanda de calor en equipos como desolventizadores de harina o strippers de aceite vegetal, como así también al potencial de recuperación en corrientes residuales. Su correcta cuantificación es clave para dimensionar sistemas de electrificación.

1. Introducción

La transición energética global y la creciente presión por reducir la huella de carbono están redefiniendo el paradigma operativo de las plantas de procesamiento de semillas oleaginosas. Estas instalaciones enfrentan hoy el desafío de mantener su eficiencia productiva mientras avanzan hacia modelos de operación más sustentables. Si bien las estrategias tradicionales de optimización térmica —como la integración Pinch o las mejoras incrementales de proceso— han permitido ciertos avances, los mismos, ya no resultan suficientes para cumplir con los nuevos estándares y requerimientos ambientales y económicos.

En este contexto, tecnologías como las bombas de calor industriales y la recompresión de vapor (ya sea mecánica, MVR, o térmica, TVR) emergen como soluciones concretas para electrificar procesos térmicos, reducir el consumo de vapor y disminuir significativamente las emisiones de CO₂. Este artículo explora su aplicación en plantas de Crushing, presentando datos reales de consumo energético, análisis de fuentes y sumideros de calor, y además se suministran criterios claves para su implementación.

La efectividad de estas tecnologías depende, en gran medida, de su integración con una matriz energética basada en energías renovables, condición indispensable para maximizar un impacto ambiental positivo.

A nivel global, la electrificación industrial se alinea con compromisos internacionales como el Acuerdo de París, el Pacto Verde Europeo y las metas de carbono que aportan neutralidad a las grandes economías. En particular, mecanismos como el CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) de la Unión Europea imponen restricciones comerciales a productos con elevada huella de

carbono, acelerando la necesidad de transformación en sectores exportadores.

En paralelo, los principales traders agrícolas están incorporando criterios de sostenibilidad en toda su cadena de valor, exigiendo a las plantas procesadoras una reducción tangible de sus emisiones. Esta tendencia se ve reforzada en América Latina, donde países como Argentina, Brasil y Chile comienzan a implementar incentivos fiscales, financiamiento verde y normativas de eficiencia energética que favorecen la adopción de tecnologías limpias.

La convergencia entre regulaciones internacionales, exigencias de mercado y políticas locales crea un entorno propicio para que la industria de procesamiento de semillas oleaginosas lidere la transición hacia una producción más eficiente, competitiva y ambientalmente responsable.

2. Tecnologías emergentes: Bombas de Calor y Recompresión de Vapor

La electrificación de procesos térmicos en la industria de procesamiento de semillas oleaginosas se apoya en dos tecnologías claves: las bombas de calor industriales (Heat Pumps, HP) y la recompresión de vapor, tanto mecánica (MVR) como térmica (TVR). Ambas permiten recuperar calor residual del proceso, elevar su temperatura y reutilizarlo como energía útil, reduciendo de esta manera el

consumo de vapor generado por calderas convencionales.

Bombas de Calor: Principio y Aplicación

Las bombas de calor transfieren energía térmica desde una fuente de baja temperatura hacia un destino de mayor temperatura, utilizando una cantidad limitada de energía eléctrica. En entornos industriales, esto implica capturar calor residual —por ejemplo, de corrientes de gases o líquidos entre 45 y 60°C— y elevarlo hasta niveles útiles, como agua caliente a 90°C o incluso vapor, dependiendo del diseño del sistema.

En plantas de extracción por solvente, estas tecnologías permiten aprovechar múltiples fuentes de calor de baja calidad: efluentes líquidos, condensados de vapor, gases de escape o aceites que se enfrían con agua de torre de enfriamiento. Su implementación puede reducir el consumo de vapor en la planta de Extracción por Solvente (SEP – Solvent Extraction Plant) hasta en un 45%, con un Coeficiente de Rendimiento (COP) de hasta 4,5 en aplicaciones de calentamiento de agua (Ver Figura 1 y 2).

Recompresión de Vapor: MVR y TVR

La MVR (Mechanical Vapor Recompression) toma vapor a baja presión —generalmente por debajo de la atmosférica— y lo comprime mecánicamente para elevar su presión

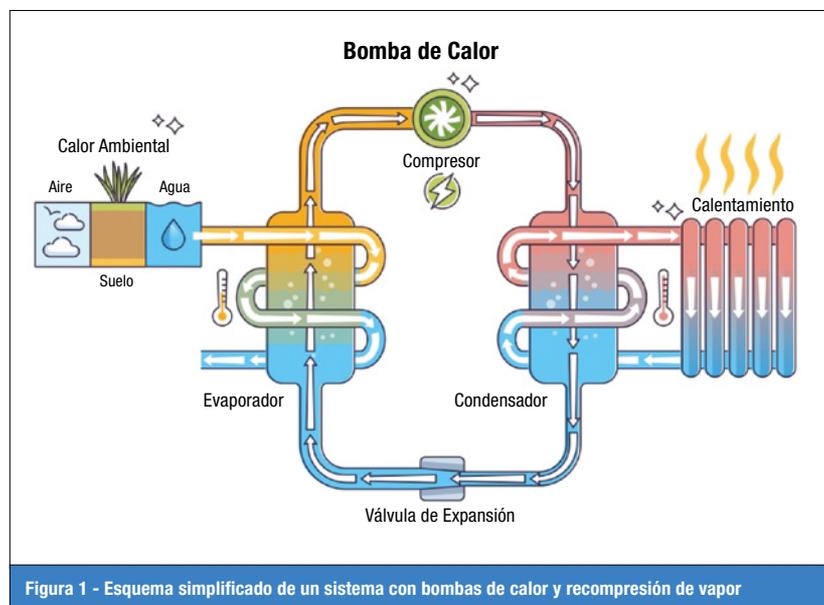


Figura 1 - Esquema simplificado de un sistema con bombas de calor y recompresión de vapor

y temperatura, haciéndolo reutilizable en el proceso. Esta tecnología es especialmente útil cuando se busca generar vapor a presión útil a partir del agua caliente producida por una bomba de calor.

Por otro lado, la TVR (Thermal Vapor Recompression) utiliza vapor motriz de alta presión para arrastrar y recomprimir vapor de baja presión. Aunque su eficiencia depende de la disponibilidad de sumideros térmicos adecuados, puede ser una solución viable en contextos donde las condiciones de presión lo permiten y se busca una alternativa de menor inversión (Ver Figura 3 y 4).

Sinergia y Criterios de Selección

Ambas tecnologías no son excluyentes, sino complementarias. En muchos casos, una bomba de calor puede generar agua caliente que luego se transforma en vapor mediante MVR, logrando así un sistema completamen-

te electrificado. La elección entre MVR y TVR dependerá de factores como la disponibilidad de vapor motriz, el perfil térmico del proceso y la inversión requerida.

La clave para una implementación exitosa radica en identificar correctamente las fuentes de calor primarias y diseñar un sistema que las aproveche de manera eficiente, maximizando el rendimiento energético y la viabilidad económica (Ver Figura 5).

Aplicaciones en Otras Industrias

Estas tecnologías ya han demostrado su eficacia en sectores industriales diversos. En la industria láctea, se utilizan para recuperar calor de procesos de pasteurización y limpieza CIP (Clean in Place), logrando reducciones de consumo de vapor superiores al 40%. En el sector papero, permiten reutilizar el calor de efluentes y corrientes de secado, mejorando la eficiencia energética de las plantas de celulosa.

En la industria química, se integran en procesos de destilación, concentración y cristalización, donde el calor residual puede ser aprovechado para precalentar corrientes de alimentación. En el sector farmacéutico, se aplican en sistemas de climatización y secado, donde la estabilidad térmica es crítica.

Estos casos confirman que se trata de tecnologías maduras, versátiles y transferibles. La experiencia acumulada en otros sectores industriales permite reducir riesgos técnicos y acelerar la curva de implementación en plantas de Crushing.

3. Impacto energético y ambiental: datos concretos

La adopción de tecnologías como las bombas de calor y la recompresión de vapor no solo mejoran la eficiencia operativa de las plantas de extracción, sino que también generan beneficios ambientales tangibles y cuantificables.

Reducción del consumo energético

En una planta de Crushing típica, el consumo de vapor en la SEP puede alcanzar los 142 kg/ton, mientras que el consumo eléctrico ronda los 6 kWh/ton. Con la incorporación de bombas de calor, estos valores pueden reducirse significativamente:

- **Consumo de Vapor en la SEP:** de 142 kg/ton a 80 kg/ton
- **Consumo Eléctrico en la SEP:** de 6 kWh/ton a 19 kWh/ton

Esto representa una reducción total de consumo energético del 22%, y una mejora aún

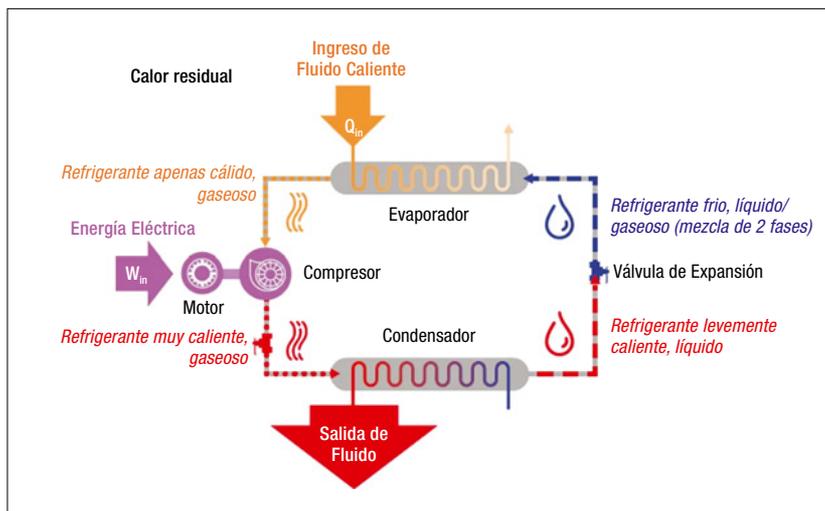


Figura 2 - Esquema simplificado de un sistema con bombas de calor y recompresión de vapor



Figura 3 - Vista de una Unidad Mecánica de Recompresión de Vapor



Figura 4 - Vista de un Tren Mecánico de Recompresión de Vapor

más significativa del 45% en la sección de extracción, donde se concentra el mayor consumo térmico en plantas de Crushing (Ver Figura 6 y 7).

Disminución de emisiones de CO₂

La reducción en el uso de vapor implica una menor quema de combustibles fósiles en calderas, lo que se traduce en una disminución directa de las emisiones de gases de efecto invernadero. En una planta de 3.000 toneladas por día (MTPD), la reducción estimada es de aproximadamente 9.000 toneladas de CO₂ por año, equivalente a aproximadamente 20 emisiones de vuelos transatlánticos (BUE–MAD) anualmente.

Si la electricidad utilizada proviene de fuentes renovables, el beneficio ambiental se amplifica, pudiendo alcanzar una reducción adicional de hasta un 25% en las emisiones totales, consolidando la electrificación como una estrategia efectiva de descarbonización (Ver Figura 8).

COP: Indicador clave de Eficiencia

El Coeficiente de Rendimiento (COP) es una métrica fundamental para evaluar la eficiencia de estos sistemas. Se define como la relación entre la energía térmica útil entregada y la energía eléctrica consumida:

$$\text{COP} = \frac{\text{Energía térmica producida}}{\text{Energía eléctrica requerida}}$$

Principales PROs:

- Reducción del consumo de vapor: aproximadamente 40%
- Descarbonización: reducción de emisiones de CO₂ (16 a 40%)
- Reducción de la carga térmica en torres de enfriamiento (aprox. 50%)
- Reducción de los requerimientos de la sala de calderas: aprox 40%
- Mayor eficiencia que la conversión directa de electricidad en calor

Principales CONTRAS:

- Mayor requerimiento de electricidad (pero de origen renovable)
- Nueva tecnología con la que familiarizarse
- Inversión

Figura 5 - Ventajas y desventajas de aplicación de electrificación de plantas industriales

Un COP de 4,5, por ejemplo, indica que, por cada 1 kWh de electricidad consumida, el sistema entrega 4,5 kWh de energía térmica útil.

Valores típicos que se registran en el Proceso de Crushing :

- **Bomba de calor (calentamiento de agua):** hasta 4,5
- **MVR (generación de vapor):** alrededor de 3,2
- **TVR:** no tiene un COP definido, ya que depende del balance entre vapor motriz y vapor recomprimido. Su eficiencia está condicionada por la disponibilidad de sumideros térmicos a baja presión y, en muchos casos, por el COP de la bomba de calor que lo alimenta.

Factores que influyen en el COP:

- Diferencia de temperatura entre fuente y sumidero: cuanto menor es la temperatura, mayor es el COP.
- Tipo de refrigerante utilizado.
- Diseño del sistema e intercambiadores de calor.
- Condiciones operativas: estacionalidad, carga parcial, y estabilidad térmica.

4. Fuentes y sumideros de calor en la SEP

El diseño eficiente de sistemas de recuperación de energía térmica —ya sea mediante bombas de calor o recompresión de vapor— depende en gran medida de una correcta identificación de las fuentes de calor disponibles y los sumideros térmicos.

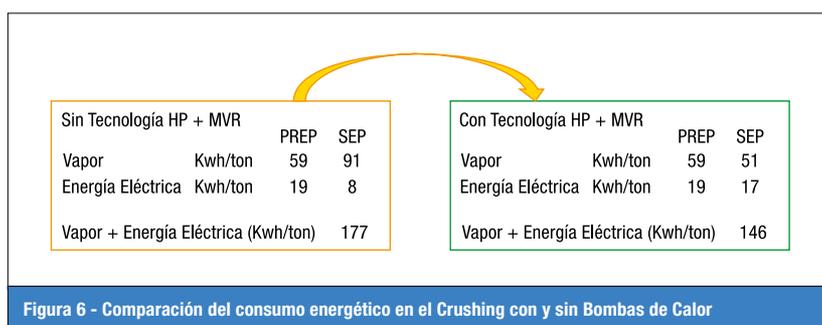


Figura 6 - Comparación del consumo energético en el Crushing con y sin Bombas de Calor

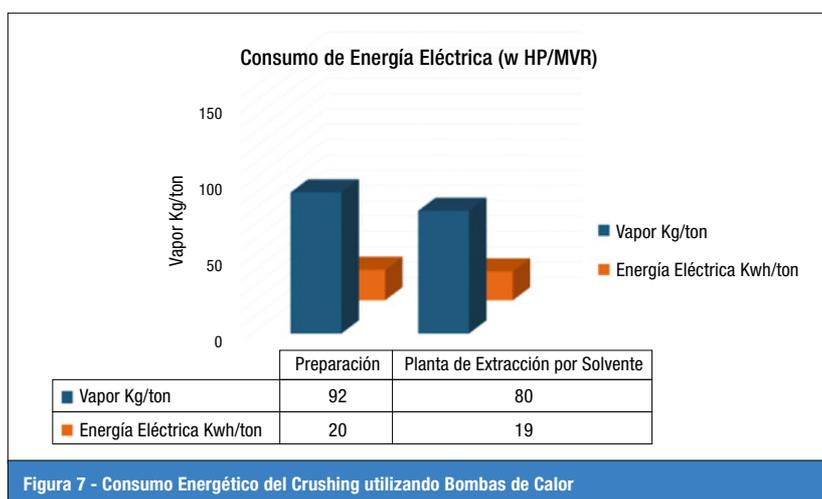


Figura 7 - Consumo Energético del Crushing utilizando Bombas de Calor

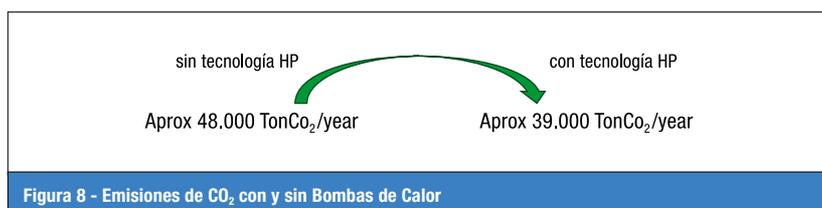


Figura 8 - Emisiones de CO₂ con y sin Bombas de Calor

cos. Cada planta presenta un perfil térmico único, por lo que este análisis debe ser específico, detallado y adaptado a las condiciones locales.

Fuentes de calor: dónde recuperar energía

En una planta de Extracción por Solvente, las fuentes de calor útiles suelen estar asociadas a corrientes de proceso con energía térmica de baja calidad. Algunas de las más relevantes incluyen:

- Gases de escape de equipos que operan bajo vacío (como evaporadores, condensadores y strippers).
- Condensados de vapor provenientes de procesos atmosféricos.
- Aceites vegetales calientes que se enfrían con agua de torre.
- Efluentes líquidos con temperaturas superiores a los 80°C y caudales térmicos significativos.
- Corrientes de agua de enfriamiento, cuyo aprovechamiento depende de la estacionalidad (Ver Figura 9).

Estas corrientes pueden presentar temperaturas entre 38 y 97°C, presiones desde 390 mbar hasta atmosférica, y flujos térmicos que varían entre 400 kW y más de 24.000 kW, lo que evidencia un alto potencial de recuperación si se integran correctamente en el sistema.

Sumideros de calor: dónde aplicar la energía recuperada

Los sumideros térmicos son los puntos del proceso donde puede reinyectarse la energía recuperada. En las Plantas de Extracción por Solvente, los más habituales son los que se detallan a continuación:

- Desolventizador- Tostador de Harina (DT)
- Strippers de Aceite Vegetal
- Precalentamiento de aire en aerotermos del DC
- Agua de alimentación a calderas

Cada planta tiene requerimientos térmicos particulares, por lo que el diseño debe considerar variables como el tipo de semilla procesada, el Layout de la planta, el régimen operativo y el clima regional. No existen soluciones universales: cada caso requiere un enfoque a medida (Ver Figura 10 y 11).

Consideraciones prácticas para el diseño térmico

- Algunas fuentes de calor son constantes durante todo el año (como los gases de proceso), mientras que otras son estacionales (como el agua de enfriamiento), lo que afecta su viabilidad como fuente térmica.
- Es fundamental minimizar las pérdidas y optimizar los intercambios térmicos para

lograr un sistema con buen rendimiento energético (COP).

- En cada proyecto pueden identificarse fuentes adicionales —como aceite a tanques o agua de caldera— que deben ser evaluadas caso por caso.

Una caracterización térmica precisa, es el punto de partida para diseñar soluciones robustas, eficientes y económicamente viables.

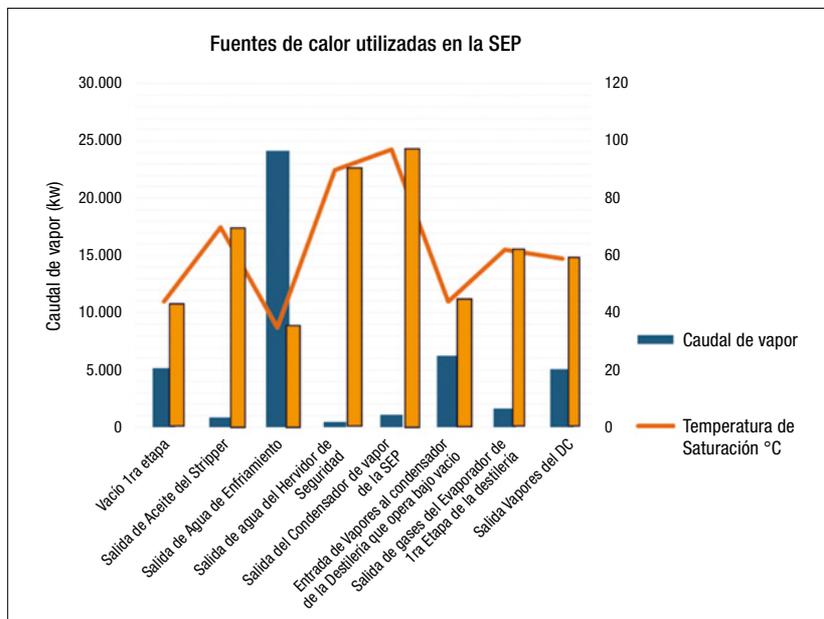


Figura 9 - Fuentes de calor aplicables a la SEP

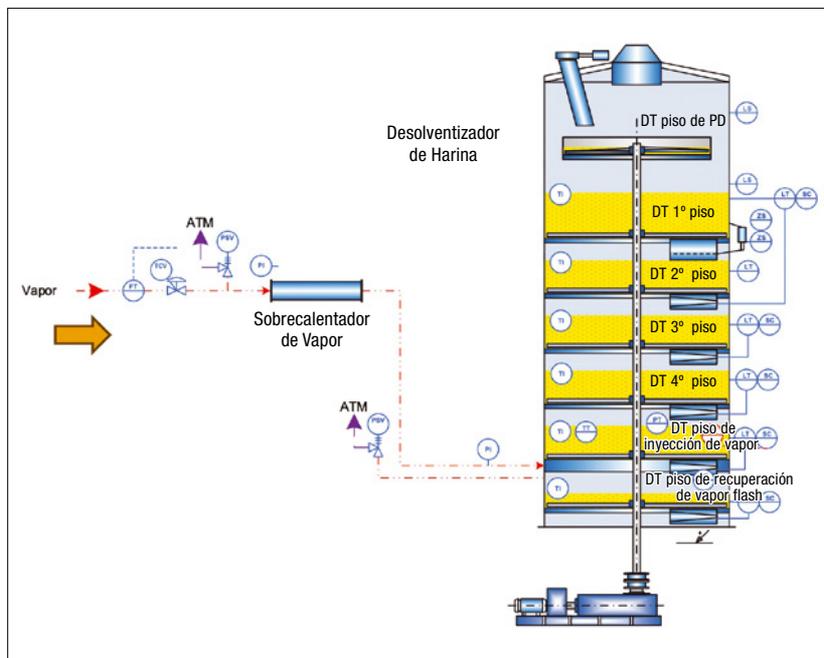


Figura 10 - Ejemplo de sumidero de calor en el DT

5. Diseño del sistema: COP, refrigerantes y alternativas

Una vez identificadas las fuentes y sumideros térmicos, el siguiente paso es diseñar un sistema que maximice la eficiencia energética y minimice la inversión. Este diseño debe considerar no solo la tecnología a emplear (HP, MVR, TVR), sino también variables claves como el COP esperado, el tipo de refrigerante, la temperatura objetivo y la viabilidad económica.

Diseño térmico y rendimiento esperado

El punto de partida es un análisis térmico detallado que permita estimar un COP realista en función de las condiciones específicas de la planta. Como referencia, un COP de 4,5 es alcanzable para calentamiento de agua, y de 3,2 para generación de vapor con MVR. Dichos valores, sin embargo, dependen de múltiples factores:

- Diferencia de temperatura entre fuente y sumidero.
- Presión de operación.
- Calidad del aislamiento térmico.
- Estabilidad de las corrientes térmicas a lo largo del año.

COP ideal: infinito. Significa 0 kWe (esto es intercambio directo de calor).

COP posible al calentar agua: 4,5

COP posible al generar vapor con MVR: 3,2

Además, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto de las variaciones en temperatura ambiente, la carga térmica y precio de la electricidad. Por ejemplo, un aumento de 10°C en la temperatura de la fuente puede mejorar el COP en un 15%.

Selección de refrigerantes: eficiencia y normativa

El refrigerante es un componente crítico en el diseño de bombas de calor. En aplicaciones industriales, se priorizan los refrigerantes naturales, como, por ejemplo:

- Amoníaco (NH₃): alta eficiencia, GWP y ODP nulos, pero requiere manejo cuidadoso debido a su toxicidad.
- CO₂ (R-744): seguro y con buen comportamiento en ciertas condiciones, aunque con limitaciones de presión.
- Hidrocarburos (propano, isobutano): muy eficientes, pero inflamables.

También existen refrigerantes sintéticos como el R1233ze, que si bien contienen compuestos PFAS (conocidos como “sustan-

cias para siempre” o sea sustancias que no se degradan en un plazo menor a los 100 años), son valorados por su buen desempeño energético y bajo impacto en el diseño de equipos. La elección dependerá de la normativa local, la experiencia operativa y la disponibilidad de tecnología compatible. En todos los casos, se recomienda minimizar la carga de refrigerante para facilitar autorizaciones y reducir riesgos.

Aspectos técnicos complementarios

Desde el punto de vista técnico, la selección de refrigerantes es crítica para el diseño de bombas de calor eficientes. Los refrigerantes naturales como el amoníaco (NH₃) y el CO₂ (R-744) ofrecen alta eficiencia y bajo impacto ambiental, pero requieren consideraciones especiales en cuanto a seguridad, presión de operación y compatibilidad con materiales.

El diseño de intercambiadores de calor debe enfocarse en minimizar pérdidas térmicas y maximizar el área de transferencia. El uso de materiales con alta conductividad térmica y geometrías que favorezcan la turbulencia puede mejorar significativamente el rendimiento.

Asimismo, es recomendable utilizar software de simulación termodinámica (como Aspen HYSYS, EES o DWSIM) para validar el diseño, prever comportamientos transitorios y optimizar el dimensionamiento de equipos bajo condiciones reales de operación.

Alternativas tecnológicas y configuraciones posibles

El sistema puede diseñarse de forma modular o integrada, según los objetivos térmicos:

- HP + MVR: permite electrificar completamente el proceso térmico, generando vapor a partir de agua caliente.
- HP + TVR: opción más simple si se dispone de vapor motriz y se busca una solución de menor inversión.
- Solo HP: adecuado cuando el objetivo es generar agua caliente para precalentamiento de corrientes frías.
- HP sin MVR: posible si se utilizan refrigerantes capaces de alcanzar temperaturas de hasta 120°C, permitiendo generar vapor sin recompresión mecánica.

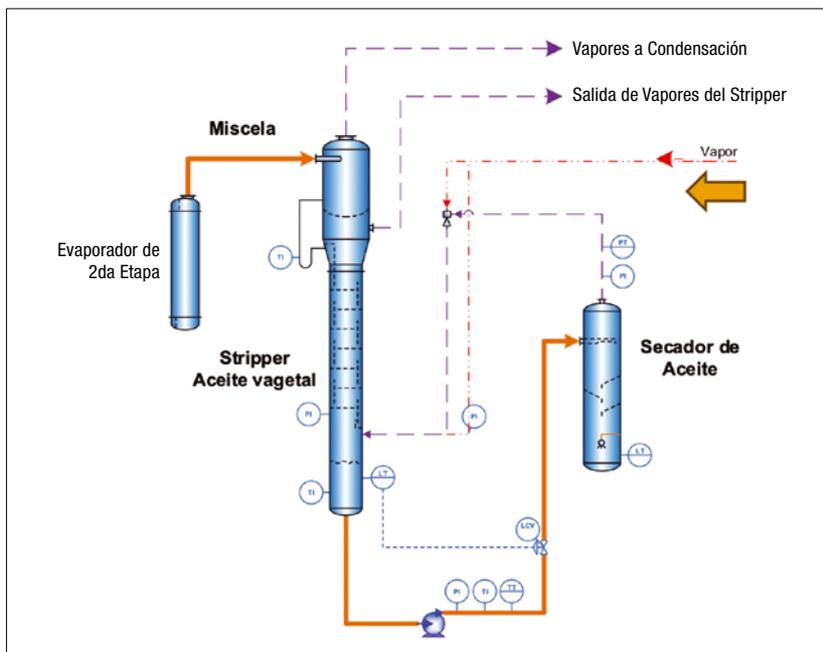


Figura 11- Ejemplo de sumidero de calor en el Stripper de Aceite Vegetal

Digitalización e inteligencia artificial

La incorporación de herramientas digitales permite optimizar el rendimiento del sistema en tiempo real. La inteligencia artificial puede ajustar automáticamente parámetros operativos como caudales, temperaturas y presiones para maximizar el COP y minimizar el consumo energético.

Los sistemas de monitoreo predictivo permiten anticipar fallas y realizar mantenimiento preventivo, reduciendo paradas no programadas. La integración con plataformas SCADA, PLC e IoT facilita la trazabilidad energética y la toma de decisiones basada en datos.

Además, el uso de gemelos digitales permite simular escenarios de operación, evaluar el impacto de cambios en la planta y validar el diseño térmico antes de su implementación. Estas herramientas son fundamentales para garantizar la eficiencia, sostenibilidad y escalabilidad de los sistemas de electrificación.

En el contexto de bombas de calor y MVR, estos modelos permiten:

- Validar el diseño térmico antes de la implementación.
- Simular escenarios de carga parcial o bajo condiciones extremas.

- Evaluar el impacto de cambios en la planta (nuevas corrientes, variaciones estacionales, etc.).
- Capacitar operadores en un entorno seguro y controlado.

Optimización dinámica del COP

La IA permite ajustar en tiempo real variables operativas como caudales, presiones y temperaturas, con el objetivo de maximizar el Coeficiente de Rendimiento (COP). Adicionalmente, algoritmos de aprendizaje automático pueden identificar patrones de operación eficientes, anticipar condiciones desfavorables y proponer ajustes automáticos que mejoren la eficiencia energética sin intervención humana.

Casos de éxito en otras industrias

En la industria láctea, por ejemplo, el uso de IA ha permitido reducir el consumo energético en sistemas de pasteurización en más de un 15%, ajustando automáticamente la temperatura de entrada según la calidad de la leche. En el sector farmacéutico, los gemelos digitales se utilizan para validar condiciones de secado sin comprometer la estabilidad del producto.

Estas herramientas no solo mejoran la eficiencia, sino que también aumentan la confiabilidad, trazabilidad y capacidad de respuesta del sistema ante cambios operativos o de mercado (Ver Figura 12).

6. Consideraciones prácticas y casos de aplicación

Más allá de los beneficios técnicos y ambientales, la implementación de bombas de calor y sistemas de recompresión de vapor en plantas de extracción por solvente, requiere una evaluación práctica y estratégica. Cada proyecto presenta desafíos únicos que deben abordarse desde el diseño hasta la operación.

Factores clave para la implementación

1. Disponibilidad de electricidad renovable

La efectividad ambiental del sistema depende de que la energía eléctrica provenga de fuentes renovables. De lo contrario, el beneficio en reducción de emisiones puede verse comprometido.

2. Espacio físico y Layout de planta

La instalación de bombas de calor y MVR requieren espacio para los equipos, inclu-

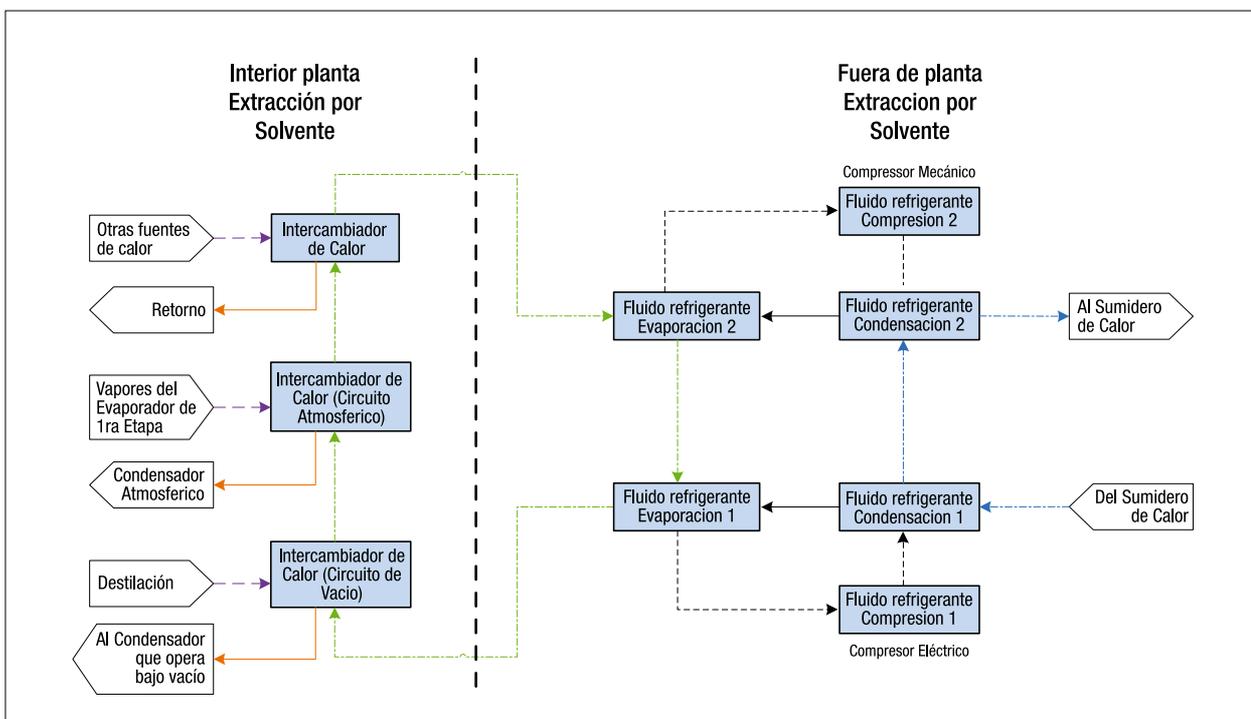


Figura 12 - Caso típico de aplicación en la Planta de Extracción por Solvente (SEP)

yendo intercambiadores, líneas de proceso y sistemas auxiliares. En plantas existentes, esto puede implicar reconfiguraciones y/o modificaciones.

3. Normativas y autorizaciones

El uso de refrigerantes naturales, como el amoníaco, puede estar sujeto a regulaciones específicas. Diseñar sistemas con baja carga de refrigerante facilita la aprobación y reduce riesgos operativos.

4. Perfil térmico de la planta

La estabilidad y continuidad de las fuentes de calor es clave. Corrientes estacionales o intermitentes pueden limitar el rendimiento del sistema y afectar su viabilidad.

5. Costos de inversión y retorno (payback)

Aunque los beneficios energéticos son claros, el nivel de inversión inicial puede ser una barrera. El retorno dependerá del precio de la energía, incentivos fiscales y del grado de integración térmica alcanzado.

- Reducción del consumo de vapor (aproximadamente 40%)
- Descarbonización: reducción de CO₂ (Hay interés en la empresa?)
- Reducción de la carga térmica en torres de enfriamiento (aproximadamente a la mitad)
- Reducción de los requerimientos de la sala de calderas aproximadamente 30/40%
- Consideraciones de instalación. Bajo volúmenes de refrigerantes. Facilidad revampings / autorizaciones
- Otros beneficios en cada proyecto → ¿financieros? ¿Impositivos?
- Mayor requerimiento de electricidad disponible (pero de origen renovable)
- Ejecución de proyectos piloto, estudios de viabilidad, etc.

Casos de aplicación y aprendizajes

Experiencias recientes en el sector oleaginoso han revelado patrones comunes:

- Interés creciente en tecnologías de electrificación, especialmente en empresas con compromisos de sostenibilidad.
- Preocupación por la inversión inicial, incluso cuando los ahorros energéticos son significativos.

- Dificultades para justificar MVR en ciertos contextos, lo que ha impulsado el uso de refrigerantes capaces de alcanzar temperaturas de hasta 120°C sin necesidad de recompresión.

Estos aprendizajes refuerzan la necesidad de adaptar cada solución al contexto técnico, económico y regulatorio de cada planta.

Modelos de negocio y financiamiento

La inversión inicial puede mitigarse mediante esquemas financieros innovadores:

- **ESCOs (Energy Service Companies):** ofrecen soluciones llave en mano con financiamiento basado en los ahorros energéticos generados, permitiendo implementar proyectos sin desembolsos iniciales.

- **Leasing tecnológico:** permite pagar por el uso de los equipos durante un período determinado, con opción de compra al finalizar el contrato.

- **Bonos verdes y créditos sostenibles:** ofrecen tasas preferenciales para proyectos que reduzcan emisiones de CO₂.

- **Certificados de reducción de emisiones (carbon credits):** pueden comercializarse, generando ingresos adicionales para proyectos que demuestren una reducción verificable de la huella de carbono.

- **Fondos climáticos y cooperación internacional:** pueden apoyar financieramente iniciativas de electrificación en sectores estratégicos como el agroindustrial.

Estos modelos no solo viabilizan la inversión, sino que también reducen el riesgo y aceleran la adopción de tecnologías limpias.

7. Integración con estrategias de descarbonización corporativa

La electrificación de procesos térmicos mediante bombas de calor y recompresión de vapor no debe analizarse de forma aislada, sino como parte de una estrategia integral de sostenibilidad corporativa. Estas tecnologías se alinean con múltiples iniciativas globales y marcos de reporte que hoy definen la agenda climática empresarial.

Alineación con objetivos climáticos y marcos internacionales

Cada vez más empresas del sector agroindustrial están adoptando compromisos de reducción de emisiones basados en ciencia, como los Science-Based Targets (SBTi), que exigen reducciones absolutas de gases de efecto invernadero en línea y en consonancia con el Acuerdo de París. La electrificación de procesos térmicos permite reducir significativamente las emisiones de Alcance 1 (por menor uso de calderas) y Alcance 2 (cuando se utiliza energía eléctrica renovable), contribuyendo directamente al cumplimiento de estos objetivos.

Asimismo, marcos como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y estándares de reporte como CDP, GRI o SASB requieren que las empresas cuantifiquen y reporten sus emisiones, así como las acciones implementadas para reducirlas. La incorporación de tecnologías limpias en procesos térmicos es una medida concreta, verificable y reportable.

Sinergia con otras estrategias de sostenibilidad

La electrificación puede integrarse con otras iniciativas de descarbonización, generando sinergias que potencian su impacto:

- **Compra de energía renovable (PPA):** permite maximizar la reducción de emisiones de Alcance 2.

- **Eficiencia energética:** la reducción del consumo térmico mejora el rendimiento global de la planta.

- **Uso de biocombustibles:** en procesos donde aún se requiere vapor, puede combinarse con biomasa o biodiesel.

- **Economía circular:** el aprovechamiento de calor residual se alinea con principios de circularidad y reducción de desperdicios energéticos.

Auditorías energéticas y taxonomía verde

En muchos países, las auditorías energéticas son obligatorias o incentivadas, y la electrificación de procesos térmicos suele surgir como una de las principales oportunidades

de mejora. Además, la taxonomía verde de la Unión Europea y otras clasificaciones similares se consideran elegibles para financiamiento sostenible de los proyectos que reduzcan significativamente las emisiones por unidad de producto.

Ventajas competitivas y reputacionales

Más allá del cumplimiento normativo, la adopción de estas tecnologías refuerza la propuesta de valor sostenible de la empresa, por lo tanto, esto puede traducirse en:

- Preferencia comercial por parte de clientes que valoran productos con baja huella de carbono.
- Acceso a financiamiento verde, bonos sostenibles o líneas de crédito con tasas preferenciales.
- Mejora de la reputación corporativa, especialmente en mercados exigentes como la Unión Europea o los Estados Unidos de Norteamérica.

En resumen, la electrificación térmica no solo es una decisión técnica, sino también estratégica. Su implementación posiciona a las empresas como líderes en sostenibilidad, anticipando regulaciones futuras y fortaleciendo su competitividad en un mercado cada vez más orientado a la descarbonización.

8. Conclusiones y próximos pasos

La electrificación de procesos térmicos mediante bombas de calor y recompresión de vapor representa una oportunidad concreta para que la industria de procesamiento de semillas oleaginosas avance hacia una operación más eficiente, sostenible y alineada con los compromisos globales de descarbonización.

Impacto técnico, ambiental y social

Los beneficios técnicos son claros:

- Reducción del consumo de vapor de hasta 40–45%.
- Disminución de emisiones de CO₂ de hasta 25%, cuando se utiliza energía eléctrica renovable.
- Menor carga térmica en torres de enfriamiento y salas de calderas.
- Mayor eficiencia energética frente a la

conversión directa de electricidad en calor.

Pero más allá de lo técnico, estas tecnologías también generan impacto social y reputacional. Las empresas que lideran la transición energética son percibidas como responsables, innovadoras y comprometidas con el desarrollo sostenible. Por lo tanto, esto puede:

- Mejorar la relación con comunidades locales.
- Atraer talento joven interesado en trabajar en empresas con propósitos de obtener mejoras ambientales.
- Fortalecer la posición frente a clientes e inversores que valoran la sostenibilidad.
- Mejorar el acceso a financiamiento mediante estrategias ESG (Environmental, Social and Governance).
- Generar empleo calificado en ingeniería, mantenimiento e incorporación de nuevas tecnologías.

Los principales desafíos por considerar son los siguientes:

- Inversión inicial significativa, que requiere análisis de retorno y posibles incentivos.
- Complejidad técnica en el diseño e integración de los sistemas.
- Condiciones específicas de cada planta, que exigen soluciones a medida.

Próximos pasos recomendados

Sobre los próximos pasos a ser implementados para lograr la electrificación de plantas de Crushing, es posible indicar los que detallan a continuación:

1. Estudios de viabilidad técnica y económica

Evaluar el perfil térmico de cada planta, identificar fuentes y sumideros de calor, y estimar el COP realista del sistema.

2. Proyectos piloto

Implementar soluciones en pequeña escala para validar el rendimiento, ajustar el diseño y generar confianza interna.

3. Evaluación de incentivos y marcos regulatorios

Explorar beneficios fiscales, subsidios o créditos de carbono que puedan mejorar el retorno de la inversión.

4. Capacitación técnica

Formar a los equipos de ingeniería y operación en estas tecnologías, sus riesgos y su potencial.

5. Alianzas tecnológicas

Colaborar con proveedores especializados en HP, MVR y refrigerantes naturales para asegurar un diseño robusto y actualizado.

Reflexión final: el rol estratégico de la Industria de Molienda de Semillas Oleaginosas

La industria de procesamiento de semillas oleaginosas no solo tiene el desafío de alimentar al mundo, sino también la oportunidad de liderar una transformación energética profunda. Su escala, su intensidad térmica y su presencia global la convierten en un actor clave para demostrar que la descarbonización industrial es posible, rentable y replicable.

La adopción de tecnologías como las bombas de calor, la recompresión de vapor y la digitalización avanzada no debe verse como un costo, sino como una inversión estratégica que fortalece la competitividad, abre mercados más exigentes y anticipa regulaciones futuras.

En un mundo donde la trazabilidad energética y la huella de carbono serán tan importantes como la calidad del producto, las plantas que lideren esta transición no solo reducirán emisiones, sino que adicionalmente: mejorarán su reputación, podrán tener acceso a financiamiento y a su vez, obtendrán preferencias en todo lo relacionado con los aspectos de carácter comercial (Ver Figura 13).



Figura 13 - Fotografía de un skid de Bomba de Calor

Science based future



IMPULSAMOS EL CRECIMIENTO SOSTENIBLE A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE SOLUCIONES BIOTECNOLÓGICAS BASADAS EN ENZIMAS, QUE MEJORAN EL RENDIMIENTO INDUSTRIAL PRESERVANDO EL MEDIO AMBIENTE.

Ofrecemos un amplio portafolio de biosoluciones destinadas a la industria de aceites comestibles y biocombustibles, que cuentan con patentes a nivel internacional.

YieldON HT™

Hidroliza fosfolípidos a alta temperatura incrementando hasta un 2 % el rendimiento del desgomado acuoso sin necesidad de CAPEX.

YieldON SG™

Reduce la cantidad de contaminantes totales en biodiesel, alcanzando los máximos estándares de calidad.

YieldON AO™

Transforma una amplia variedad de subproductos de la industria aceitera en Oleína.

Nuestras certificaciones



[/keclon.com](http://keclon.com)

 www.keclon.com

 (0341) 240-7103

 **Dirección Laboratorio:** Cerrito 847 - (2000) Rosario - Santa Fe
Dirección Planta: Benielli 523 - (2200) San Lorenzo - Santa Fe

UTILIZACIÓN Y RECOMENDACIONES PARA LA PUESTA EN SERVICIO DE CALDERAS DE ALTA PRESIÓN EN EL PROCESO DE DESODORIZACIÓN DE GRASAS Y ACEITES VEGETALES

Para procesos que exijan alta temperatura, se necesita que el calentamiento sea realizado con fluidos de transferencia de calor que soporten estas temperaturas sin degradarse o, en el caso de filtraciones, sin contaminar el producto a ser calentado.

Una aplicación típica es la desodorización de las grasas y los aceites vegetales. Para lograr una temperatura de desodorización de 250 °C el fluido de calentamiento debe alcanzar una temperatura en el orden de 270 °C.

En el pasado se utilizaron aceites térmicos para el calentamiento, como los aceites minerales (Thermex®, Mobiltherm®) y compuestos de difenil/óxido de difenilo (Dowtherm®, Diphi®, Thermino®), estos últimos tanto en la fase líquida como en la fase de vapor.

Después de los informes de contaminaciones de aceites y grasas comestibles por filtración del aceite mineral que ocasionaron víctimas en la década de los 70, numerosos países prohibieron el uso de dichos fluidos de calentamiento en las industrias alimentarias y se pasó a utilizar vapor de agua de alta presión para realizar el calentamiento.

La presión necesaria para alcanzar 270 °C es del orden de 55 bar.

En el caso de la refinación física aplicable a aceites de mayor acidez, la temperatura de desodorización debe ser del orden de los 260 °C y la caldera debe estar preparada para poder operar hasta los 280 °C (65 bar).

Como dichas calderas operan en circuito cerrado por termosifón, no existe la necesidad de reponer el agua, salvo en los casos de filtraciones.

Por lo tanto, se recomienda que el agua de alimentación esté totalmente desmineraliza-

da o bidestilada y que reciba aditivos para evitar problemas de corrosión, por ejemplo, polifosfato de sodio.

Las principales características con que debe utilizarse el agua de alimentación de la caldera son las que se describen a continuación:

- pH: 9,5 a 10
- Conductividad (S/cm): mínimo 20 - máximo 150
- HCO₃ (mg/l): no detectable
- CO₃ (mg/l): no detectable
- Cl (mg/l): no detectable
- S (mg/l): no detectable

Acondicionamiento del agua:

- Na₃PO₄ (mg/l): mínimo 10 para proteger las tuberías contra la corrosión.
- NaOH: para ajustar el valor del pH (si fuese imprescindible).
- Hidrazina: no permitida para industrias alimentarias.

Procedimiento para el arranque de las calderas de alta presión

1) Limpieza

Una vez que la caldera está completamente interconectada con el desodorizador se recomienda una limpieza de todo circuito cumpliendo el procedimiento de la norma de limpieza de calderas para eliminar los residuos de soldaduras, óxido o cualquier otro tipo de otras sustancias extrañas.

Los fabricantes de productos para realizar la limpieza de calderas disponen de recomendaciones específicas acerca de las cantidades de los aditivos a ser utilizados, así como también de los tiempos de limpieza correspondientes a sus productos.

2) Lixiviación

Una vez drenado todo el circuito, se procede al llenado con agua desmineralizada o bidestilada a la cual se le debe adicionar en una cantidad de 100 gr/100 litros de fosfato trisódico (Na₃PO₄). Este proceso de lixiviación o alcalinización tiene la finalidad de garantizar que todos los productos de limpieza utilizados (por lo general, solución de ácido nítrico) sean neutralizados.

La solución se debe calentar hasta que la presión permita alcanzar una temperatura cercana a los 120 °C y se mantiene a esta temperatura durante aproximadamente 2 horas. Después de dicho período, se deberá desconectar el quemador y se espera que la caldera alcance una temperatura que permita la descarga de agua (mínimo 30 minutos).

3) Prueba hidráulica

Cuando la caldera esté limpia y el circuito lleno con agua, es posible efectuar la prueba hidráulica del sistema de presión indicada por el fabricante del desodorizador. Aunque la caldera indique una presión de prueba mayor, la misma no debe superar la presión indicada para el sistema.

4) Llenado del circuito

El nivel de agua debe cumplir las recomendaciones del fabricante del desodorizador y el mismo generalmente se sitúa en la franja de 50 a 60 % del volumen total del circuito (caldera + tuberías + serpentinas) para permitir la expansión y el establecimiento del termosifón.

Para facilitar la determinación del nivel se sugiere que el circuito, totalmente lleno con agua de enjuague sea vaciado en tambores

para la medición de la capacidad efectiva total del mismo.

Una vez determinado el nivel ideal, se recomienda colocar una válvula de prueba de nivel en la tubería. Esta válvula se debe ubicar a un mínimo de 1 metro por encima del sensor de nivel mínimo. El nivel ideal se alcanza cuando el agua comienza a drenar por la válvula, la cual se debe cerrar con un tapón para evitar filtraciones.

5) Desaireación

Una vez colocada el agua al nivel indicado, se debe proceder a desairear el sistema y esto se puede realizar colocando al mismo bajo alto vacío manteniendo la temperatura del agua cerca de los 60°C.

Otra alternativa es calentar el agua por encima de 150 °C y por la válvula de ventilación colocada en el punto más elevado de la tubería se ventear el aire. Después de la salida del aire y el inicio de la salida de vapor, se deja purgar durante aproximadamente 10 minutos para garantizar la eliminación total del aire.

La presencia de aire en el circuito provoca que la presión interna sea superior a la correspondiente presión de vapor a la misma temperatura, impidiendo la formación del termosifón y por consiguiente un buen intercambio térmico.

Tabla 1

Presión de Vapor bar	Temperatura °C	Dilatación del agua %
0,03	100	4,3
1,4	125	6,50
2,7	140	7,98
3,9	150	9,06
5,3	160	10,21
7,1	170	11,44
9,2	180	12,75
11,8	190	14,15
14,9	200	15,65
18,5	210	17,26
25,0	225	19,91
33,1	240	22,91
39,6	250	25,12
46,9	260	27,55
55,1	270	30,23
59,7	275	31,69
64,5	280	33,21
69,5	285	34,84
74,9	290	36,55
80,6	295	38,37
86,6	300	40,36

En la Tabla 1 se relacionan la presión de vapor, su temperatura y el coeficiente de dilatación del agua.

Con el cierre de la válvula de Desaireación y el taponamiento de la extremidad roscada de la tubería, la caldera estará lista para ser llevada hasta la presión de operación.

6) Calentamiento

Como toda caldera, antes de iniciar la operación totalmente automática será necesario realizar un calentamiento gradual.

Recomendamos el siguiente procedimiento manual para el arranque de una caldera fría (sistema frío):

- Calentar hasta la presión de 1 bar - esperar 5 minutos
- Aumentar la presión hasta 5 bar - esperar 10 minutos
- Aumentar la presión hasta 10 bar - esperar 15 minutos
- Aumentar la presión hasta 20 bar - esperar 15 minutos
- Aumentar la presión hasta alcanzar la presión de operación

Una vez alcanzada la presión de operación, el control se puede realizar de forma automática y la presión/temperatura se mantendrá cercana al punto de regulación.

7) Reposición de agua

No está permitido inyectar agua con una bomba cuando la presión es elevada. Además del problema del riesgo para el personal operativo, la alimentación de agua fría en la caldera puede llevar a la generación de grandes tensiones en las tuberías porque el agua fría causará súbitamente un alto grado de enfriamiento. Esa tensión puede ser tan grande como para causar fisuras o rupturas en las paredes de los tubos.

Para que el agua se pueda alimentar posteriormente y de manera segura será necesario utilizar un dispositivo de llenado montado en el punto más alto de la tubería que posibilite, a través de un juego de válvulas de bloqueo y despresurización, alimentar el agua sin inconvenientes, incluso con una presión de vapor elevada.

Un ejemplo del dispositivo que debe ser utilizado se presenta en la Figura 1.

Recomendaciones básicas para la instalación de calderas de alta presión.

- 1) Verificar siempre la flexibilidad de las tuberías del sistema y dimensionar adecuadamente los soportes teniendo en cuenta la temperatura elevada alcanzada y la consiguiente dilatación.
- 2) La tubería siempre debe tener un declive hacia la caldera (5 %) para evitar la formación de bolsas que impidan el funcionamiento correcto del termosifón.
- 3) Las conexiones deben ser, siempre que sea posible, soldadas para evitar filtraciones.
- 4) Las conexiones al exterior como el purgado de aire, los drenajes, y la alimentación que permitan filtraciones en caso de las fallas de las válvulas, tendrán que estar correctamente obturadas utilizando tapones.
- 5) Todas las juntas utilizadas en las tuberías deben ser adecuadas para presión, temperatura y esfuerzos a las que serán sometidas, y preferiblemente de tipo metales flexibles.
- 6) Es necesario cumplir rigurosamente las instrucciones específicas del fabricante de la caldera relacionadas con su instalación.

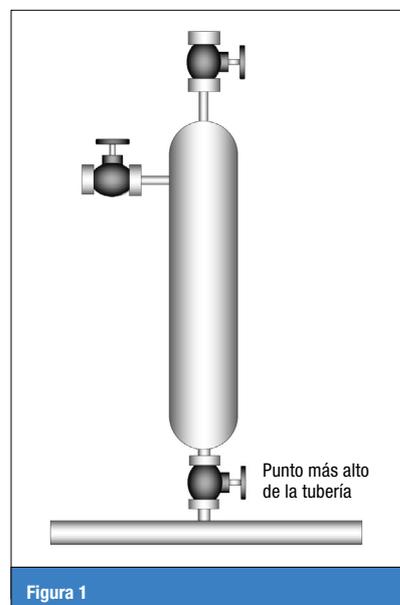


Figura 1

CEM

PROVISIONES INDUSTRIALES

La gama más importante de productos para el montaje y el mantenimiento de plantas industriales

FORJA ATLAS S.A.



- > Accesorios forjados para cañería de alta presión bajo normas A.S.T.M / A.S.M.E - A.N.S.I. / B.S.P. fabricados en aceros al carbono, inoxidable, aleaciones.
- > Bridas especiales.
- > Partes forjadas / mecanizadas para válvulas y otras aplicaciones.
- > Sistema de calidad ISO 9002 Certificado.



Flexseal HIGH PERFORMANCE SEALING

- > Juntas espirometálicas / encaquetadas / para intercambiadores de calor / libres de asbestos para bridas y especiales según plano.
- > Anillos R.J. para bridas.
- > Rollos cinta PTFE expandido.
- > Protectores de seguridad para bridas.
- > Empaquetaduras.



FITINOX S.R.L. A

- > Conectores y uniones para tubos de bronce, acero inoxidable y acero al carbono.
- > Tubos de cobre recocido, acero inoxidable y acero al carbono.
- > Válvulas para instrumentación en acero inoxidable y acero carbono.



Gora Tecnología en Filtrado

- > Carcasas para filtración en procesos industriales – Series DYNAPACK y UNIPACK.
- > Elementos filtrantes para líquidos, aire y gases comprimidos.
- > Separadores de gotas, líneas Demister, Vanepack y Platepack.
- > Filtros temporarios.
- > Desarrollo especial de ingeniería en filtración.



CINTOLO HNOS. METALÚRGICA S.A.

- > Accesorios para cañerías de acero al carbono para soldar a tope.

ESFEROMATIC S.A.

- > Válvulas esféricas.

FARINOLA E HIJOS S.A.

- > Válvulas de Seguridad.
- > Indicadores de Nivel.

FRANCEL

- > Manómetros / Manovacúómetros / Termómetros.
- > Sellos Químicos.

FUTURA

- > Tapas de cierre rápido.
- > Accesorios de obturación.
- > Bridas.

GENEBRE DE ARGENTINA S.A.

- > Trampas termodinámicas / Filtros "Y" Inoxidable / Válvulas de retención a disco Inoxidable.

INDUSTRIAS DICA S.R.L.

- > Acoples rápidos de Bronce / Aluminio / Acero Inoxidable y PPN.
- > Mangueras para todo tipo de fluidos (armadas según especificaciones de cliente).

JEFFERSON SUDAMERICANA S.A.

- > Válvulas solenoides.
- > Controles de nivel.

MANGUERA FLEX ARGENTINA S.A.

- > Caños flexibles metálicos y de PTFE.
- > Amortiguadores de vibración.
- > Compensadores axiales de dilatación.

POLIFILTROS S.A.

- > Filtros de aire de baja, media y alta eficiencia.
- > Filtros de Alta Eficiencia, HEPA y ULPA de maxi y mini pliegues.
- > Mangas filtrantes de poliéster, polipropileno, nylon y nomex.
- > Filtros para alta temperatura.
- > Filtros de carbón activado.
- > Filtros metálicos.
- > Filtros para turbinas de gas.

SIAT S.A.

- > Caños de acero al carbono y galvanizados con y sin costura, en todos sus diámetros.

VALVTRONIC S.A.

- > Válvulas mariposas.
- > Válvulas para vapor High Performance de doble y triple excentricidad.
- > Válvulas de retención Simple Check.

VILOIDE S.R.L.

- > Espárragos, bulones y tuercas según normas ASTM-IRAM-DIN y SAE.

Además:

- > Cinta protección anticorrosiva TCOAT.
- > Juntas MONOLÍTICAS.
- > Elementos para redes de GAS.
- > Elementos para redes de lucha contra incendio.
- > Accesorios galvanizados y de acero inoxidable.

Av. San Martín 3148 • (S2200FPN) San Lorenzo • Santa Fe ☎ 03476 426900 📧 cem@cemprovin.com.ar



www.cemprovin.com.ar

☎ 3476 608136



@cemprovin @CemProvisionesIndustriales



Sergen

Saneamiento Industrial

Soluciones Integrales de Saneamiento Industrial



¿Quiénes somos?

Empresa de servicios dedicados al saneamiento industrial y tratamiento integral de residuos no peligrosos. Perteneciente a un grupo de empresas conocidas nacional e internacionalmente.

Nuestros servicios

- Recepción de aguas oleosas.
- Limpieza fondo de tanques.
- Limpieza de pozos de noria.
- Barrido de calles y recolección de granos.
- Alquiler de equipos mediante SG Rental.

Nuestra fábrica

- Tratamiento de líquidos vegetales.
- Tratamiento de sólidos vegetales.
- Pileta de decantación.
- Planta de evaporación.
- Riego por aspersión.
- Compostaje.

www.sergen-srl.com

Contamos con **habilitación** otorgada por el **Ministerio de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe** para el tratamiento de residuos líquidos y sólidos de origen vegetal. Nos encontramos **registrados** bajo el número **RT0037** en el **Registro de Tratadores de Residuos No Peligrosos Industriales o de Actividad de Servicios**.
Emitimos certificados de disposición final conforme a la Resolución N°250 y el Decreto 2151/14.

Corrientes que tratamos



Sergen
Saneamiento Industrial

Gestión de residuos no peligrosos con tratamiento de las siguientes corrientes, en operaciones de segregación, recuperación y valorización de materiales reciclables, conforme a la normativa vigente establecida por el Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático (MAyCC) – Disposición N°38/23:

- NP02 – Aceites vegetales
- NP03 – Cereales y oleaginosas
- NP04 – Sustancias orgánicas no halogenadas, no empleadas como disolventes
- NP05 – Desechos de caucho
- NP10 – Tierra, arcillas o arenas, incluyendo lodos de dragado
- NP20 – Lodos de depuración no tratados o no utilizables en la agricultura
- NP28 – Desechos de corcho y madera
- NP32 – Materiales inoculantes líquidos sin características de peligrosidad



Tel.: (03476) 434306 / 07 - Cel.: (3476) 621639 - Ventas: + 54 3476 528931
produccion@sergen-srl.com - administracion@sergen-srl.com - info@sergen-srl.com - ventas@snatural.com.ar
www.sergen-srl.com

SG RENTAL, la nueva unidad de negocio de Sergen Limpieza S.R.L., especializada en el alquiler de equipos de izaje y maquinarias viales.

En **SG RENTAL**, contamos con una amplia variedad de equipos de alta calidad, ideales para diferentes tipos de proyectos industriales, de construcción y mantenimiento. A continuación, presentamos algunas de nuestras principales maquinarias disponibles para alquiler:

Grúas

- P&H 36TN
- GROVE 30TN
- TEREX 27 TN
- SANY 25 TN
- TEREX 25 TN

Manipuladores telescópicos

- HAULOTTE 4010
- TEREX 3713

Maquinaria Vial

- EXCAVADORA CX220C CASE
- PALA FRONTAL CASE W20F
- RETROPALA CASE 580

Transportes

- SEMIRREMOLQUE
- HIDROGRUA
- SEMIRREMOLQUE CARRETÓN CUELLO DESMONTABLE

Estos equipos están diseñados para ofrecer **eficiencia, seguridad y rendimiento** en cada operación, adaptándose a las necesidades particulares de cada proyecto.



Catálogo:



Contacto:

Col. Aut. y Bat. Libertad - San Lorenzo (2200) |
Santa Fe - Argentina
E-mail: sgrental@sergen-srl.com
Cel.: +54 9 3476 62-1626

Contamos con **habilitación** otorgada por el **Ministerio de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe** para el tratamiento de residuos líquidos y sólidos de origen vegetal. Nos encontramos **registrados** bajo el número **RT0037** en el Registro de Tratadores de Residuos No Peligrosos Industriales o de Actividad de Servicios. Emitimos **certificados de disposición final** conforme a la **Resolución N°250** y el **Decreto 2151/14**.



LIDERAZGO INTERNACIONAL EN SECADO DE GRANOS

Alcanzar el máximo nivel de rendimiento y eficiencia es asegurar el valor de tu negocio. Protegé tu inversión en granos con la misma tecnología de punta que utilizan las principales aceiteras del mundo.



**SISTEMA PH
PRE-HEATER**



**FLUJO
MIXTO**



**PARA USO
INTENSIVO**



**EXCELENTE
CALIDAD DE
SECADO**



Más de 35 países confían
en la innovación de MEGA®



MEGA



AUTENTICIDAD DEL ACEITE DE OLIVA

El aceite de oliva es un gran negocio. Su consumo exhibe beneficios para la salud ampliamente conocidos, que incluyen el mejoramiento de los niveles de colesterol de una persona y la reducción del riesgo de cáncer, como así también su potencial para las enfermedades inflamatorias y cardiovasculares. Según el Consejo Oleícola Internacional (COI), la producción de aceite de oliva se ha triplicado en los últimos 60 años. En 2022, el aceite de oliva tenía un valor global de importación de US\$ 9,47 mil millones.

En la cúspide del mercado de aceite de oliva se encuentra el aceite de oliva extra virgen (AOEV). Un ingrediente clave en la popular dieta Mediterránea que es saludable para el corazón, el AOEV es ampliamente valorado por su sabor y aroma y sus beneficios nutricionales, como sus elevados niveles de ácidos grasos monoinsaturados, antioxidantes y vitaminas.

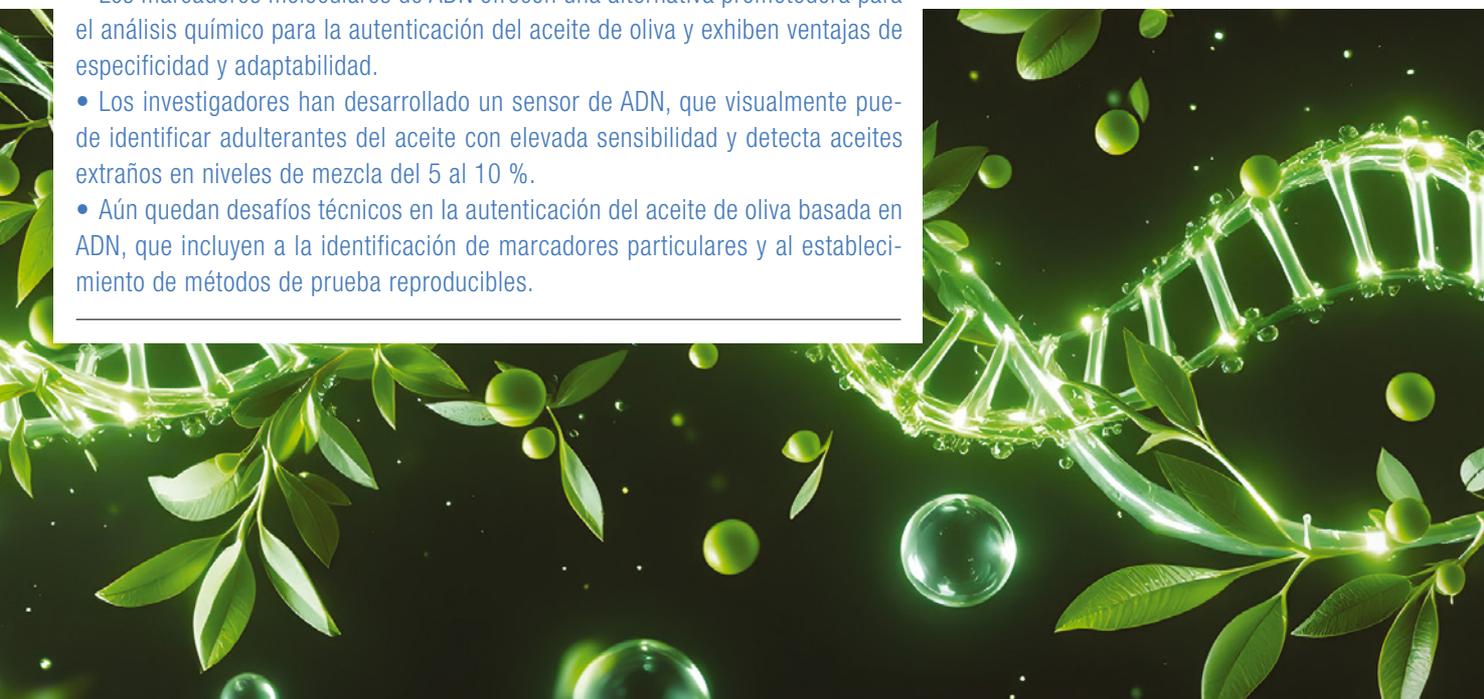
Para acceder a estos rasgos deseables, los productores adhieren a un conjunto estricto de normas para la recolección y la molienda de las aceitunas. Por lo tanto, el AOEV tiene un precio más elevado que los aceites de oliva de menor calidad. Ese precio superior ha atraído a malos actores que obtienen ganancias con la dilución de AOEV con un aceite de oliva subestándar o con otros acei-

tes, como los de maíz y canola. Una mezcla de aceite solo se puede comercializar legalmente como aceite de cocina, pero con frecuencia se envasa y comercializa fraudulentamente como aceite de oliva extra virgen.

El aceite de oliva es uno de los productos básicos alimenticios más regulados en el mundo, a pesar de ser un objetivo de adulteración en distintas etapas de su producción y principalmente de su cadena de suministro. No obstante, los expertos están equipados con múltiples técnicas para distinguir entre un aceite puro y una mezcla. La calidad del aceite de oliva se evalúa utilizando una variedad de métodos espectroscópicos y cromatográficos.

•••

- El aceite de oliva es un producto básico global, proclive al fraude por su adulteración con aceites más económicos, que pueden detectar los métodos basados en ADN.
- Los marcadores moleculares de ADN ofrecen una alternativa prometedora para el análisis químico para la autenticación del aceite de oliva y exhiben ventajas de especificidad y adaptabilidad.
- Los investigadores han desarrollado un sensor de ADN, que visualmente puede identificar adulterantes del aceite con elevada sensibilidad y detecta aceites extraños en niveles de mezcla del 5 al 10 %.
- Aún quedan desafíos técnicos en la autenticación del aceite de oliva basada en ADN, que incluyen a la identificación de marcadores particulares y al establecimiento de métodos de prueba reproducibles.



tográficos y también ensayos sensoriales, realizados por evaluadores entrenados.

Los métodos analíticos estandarizados están incorporados en el marco legislativo para el comercio de aceite de oliva desarrollado por el Codex Alimentarius, el CODEX STAN 33–1981, que se actualiza regularmente. Se debe reconocer que existen diferencias en las normas aceptadas por cada país, aunque se trabaja de manera continua hacia un alineamiento regulatorio.

Múltiples factores influyen sobre la calidad del aceite de oliva, pero el cultivar es de importancia fundamental porque el cultivar de aceituna y sus características están directamente relacionadas con la calidad del aceite de oliva. Existen más de 1.200 variedades de aceitunas cultivadas actualmente a nivel global y este es uno de los factores que contribuyen a la estandarización de los datos.

Durante la última década, los investigadores han estado determinando marcadores moleculares de ADN, que distinguen un cultivar de otro. Este método de análisis distinto ofrece múltiples beneficios para los productores, pero se espera que la técnica se pueda utilizar para detectar de manera conveniente cuando las mezclas con otros aceites vegetales son fraudulentamente etiquetadas como AOEV.

Como distinguir entre los aceites

El aceite de oliva obtenido únicamente del fruto usando medios mecánicos o físicos que no alteren su integridad, es considerado un aceite primera calidad y está categorizado como aceite de oliva virgen (AOV). El único tratamiento al que se lo somete comprende los pasos de lavado, decantación, centrifugación y filtración. El AOEV es un AOV con menor porcentaje de ácidos grasos libres, expresados como gramos de ácido oleico en 100 gramos de aceite. La mayor cantidad aceptable para el AOEV es de 0,8 %, mientras que el AOV exhibe un rango entre 0,8 y 2,0 %. Porcentajes más elevados sugieren que el aceite podría provenir de frutos dañados, o que el aceite fue almacenado de manera inadecuada o durante un tiempo demasiado prolongado.

La adulteración del aceite de oliva es particularmente preocupante para la Unión Euro-

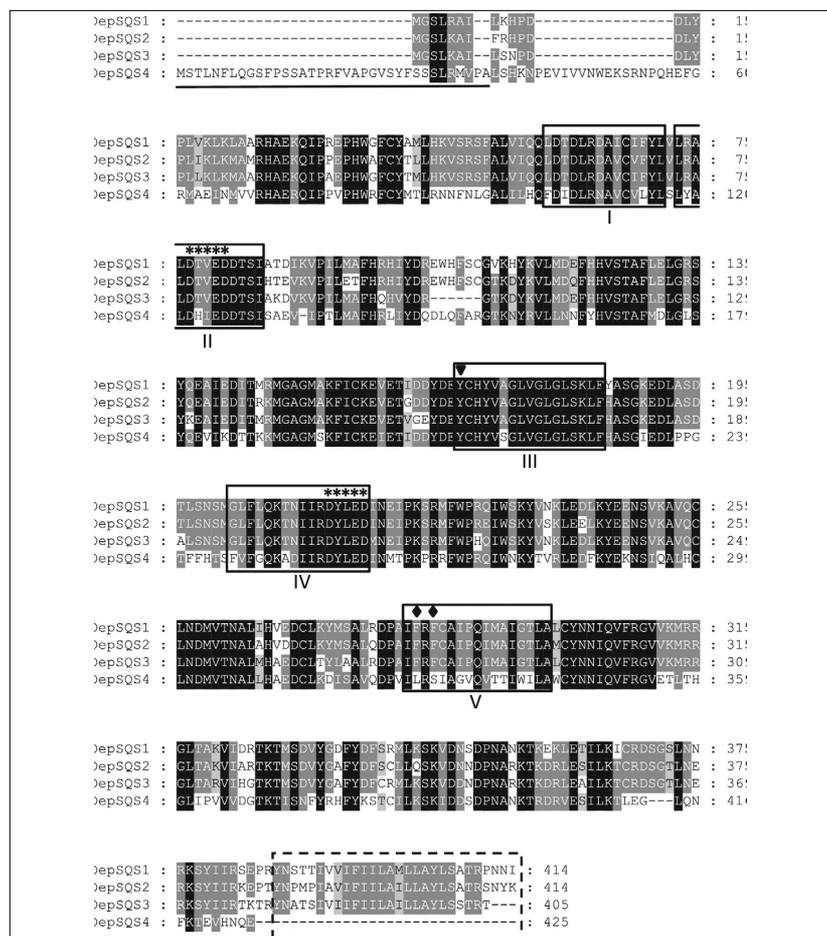
pea, especialmente para España e Italia, en donde el producto tiene elevada importancia económica. La sustitución con aceite de oliva de menor calidad es un problema económico, tanto para los consumidores como para los productores que lo producen y distribuyen de manera legal, pero esto no genera ninguna alteración directa para la salud. Otros tipos de aceites como los de avellana pueden contener alérgenos. De hecho, el aceite de avellana plantea un desafío particular para los métodos de análisis químicos porque tiene una composición muy similar a la del aceite de oliva. Otros adulterantes comúnmente utilizados son los aceites de girasol, colza, maíz, nuez y soja.

Esto no es un problema nuevo. Las tablillas cuneiformes encontradas en Ebla (Siria moderna), que datan de 5.000 años atrás,

son las primeras en mencionar al aceite de oliva y en ellas destacan la existencia de inspectores, que visitaban a los cultivadores y molineros de aceitunas para detectar fraudes.

Métodos analíticos

La química moderna ofrece algo de ayuda. Existen dos tipos de abordajes generales: uno utiliza cromatografía líquida y de gases para analizar los químicos específicos como los tocotrienoles, componentes polares, triacilgliceroles y campesterol, combinando los hallazgos a partir de composiciones desconocidas a las esperadas, presentes en aceites conocidos, como los de canola, nuez, almendra, soja, girasol o maíz. El otro método utiliza una variedad de químicos, que producen una identificación de la huella de



Secuencias de aminoácidos de los genes de la sintasa del escualeno de la aceituna (SQS) amplificadas a partir del transcriptoma de la aceituna. Los cultivares de aceitunas se desarrollaron en las mismas condiciones de huerto y crecimiento, se cosecharon en la misma etapa de maduración y experimentaron idénticas condiciones de extracción del aceite. Por consiguiente, el genotipo es la principal fuente de variabilidad para el contenido de escualeno en el aceite de oliva.
 Fuente: Hernandez, et al., J Ag Food Chem, 71, 42, 2023 de acuerdo con la CC-BY 4.0.

los aceites usando la espectroscopía Raman, la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y la espectroscopía de resonancia magnética nuclear (NMR). Todas las técnicas precedentes requieren instrumentos costosos y sofisticados.

Los métodos químicos exhiben una debilidad clave, que es que detectan un cambio composicional pero no su fuente. La composición de aceite de las aceitunas o de otros adulterantes podría variar según las condiciones bajo las cuales fueron cultivadas, tales como el clima, el suelo y las prácticas agrícolas. Por ejemplo, un estudio descubrió que el aceite de oliva cultivado en Argentina presentaba un contenido de ácido linoleico superior a 21 % en respuesta al clima y este valor está por encima del límite generalmente aceptado para un aceite de oliva que no está adulterado (<https://doi.org/10.1007/s11746-007-1140-7>). Los métodos basados en ADN no dependen de factores ambientales.

Con el advenimiento de la secuenciación genética, los investigadores observaron que la biosíntesis de los ácidos grasos varía entre los cultivares y determina la proporción del contenido de ácido oleico versus el ácido linoleico en el aceite final. Analizando los perfiles de expresión y los procesos biológicos en los cuales están involucrados, los grupos de investigación identificaron los genes relevantes para la biosíntesis de los componentes particulares en un cultivar de aceitunas. Algunos grupos ahora están empleando estos marcadores para identificar adulterantes, a partir de especies que no son aceitunas.

El abordaje tiene algunas ventajas respecto de los métodos químicos. No requiere equipos sofisticados, ya que hay dispositivos portátiles económicos disponibles fácilmente en el mercado. También exhibe una especificidad mucho mayor que la del análisis químico para definir las especies vegetales del aceite

usado como adulterante, como también una mejor sensibilidad para detectar menores cantidades de adulterante en la muestra (<https://doi.org/10.3390/ijms252011150>).

Sin embargo, a pesar de su poder, el ADN no puede diferenciar un aceite de oliva de menor calidad como adulterante, si el mismo proviene de las mismas especies. Eso necesitaría métodos químicos, que siempre tienen un lugar en la detección de fraudes en el aceite de oliva.

No obstante, establecer un repositorio genético de cultivares de aceitunas, ofrece un beneficio de conservación secundario. Con la producción agrícola enfrentando demandas nuevas, las variedades de aceitunas con alta resiliencia al cambio climático o de relevancia para los alimentos funcionales son de particular interés para el sector del cultivo de aceitunas.

En 2019, la UE finalizó un proyecto con una red de investigadores sobre la conservación de aceitunas y ellos desarrollaron bases de datos moleculares y de fenotipos de las variedades de aceitunas. Analizaron las variedades de aceitunas para encontrar rasgos específicos y potencialmente valiosos y crearon un repositorio genético de cepas de aceitunas, según sus ventajas agronómicas.

También seleccionaron marcadores de ADN efectivos e identificaron los genomas que afectan el desempeño, compilándolos en una base de datos moleculares, que incluyeron las cepas con fenotipos potencialmente interesantes agronómicamente, tales como la tolerancia a las enfermedades y la tolerancia al estrés abiótico. Además, el conjunto de datos incluye información sobre secuencias genéticas relacionadas con sabores y aromas nuevos. Continuar identificando los rasgos valiosos podría fortalecer al sector de las aceitunas y llevar a un incremento en la productividad, la sustentabilidad y la competitividad.

Sensor de adulteración

Despina Kalogianni es profesora adjunta de química analítica y nanotecnología en la Universidad de Patras en Patras, Grecia. Kalogianni es miembro de un grupo de investigación, que publicó su primer informe sobre un sensor de ADN para identificar los adulterantes en el aceite de oliva (<https://>

Historia del origen

La adulteración no es la única preocupación relacionada con el aceite de oliva. Según el COI, existen miles de cultivares de aceitunas, se estiman 139 variedades que representan el 85 % de la producción global y cada una exhibe calidades, sabores y aromas únicos.

Como sucede con el café o el chocolate, existe una alta demanda por aceites de oliva que provengan de un origen individual a un precio superior. Estos aceites de oliva de origen individual tienen precios más elevados que los de las mezclas de aceites de múltiples regiones y esto hace que resulte esencial identificar el cultivar o la región de origen de un aceite específico, para verificar su autenticidad.

Esta es una tarea desafiante porque las variedades de aceitunas son casi idénticas genéticamente, con pocas diferencias a encontrar. De hecho, no se conocen secuencias de ADN específicas a la variedad que se puedan utilizar como cebadores para distinguir los cultivares (<https://doi.org/10.1016/j.snb.2024.135423>). En cambio, los investigadores se basan en secuencias de base cortas 2-4, que son idénticas entre las variedades, pero que se repiten una después de la otra un número único de veces (repeticiones de secuencias



simples, SSR sus siglas en inglés), o polimorfismos de un solo nucleótido (SNP, por sus siglas en inglés), en donde la variedad contiene un cambio de "letra" individual en una base del ADN. En ambos casos, no existe un número único de repeticiones de secuencias o un SNP que identifique a un cultivar. En cambio, esto requiere un análisis de los múltiples SNP y/o las secuencias de repetición, para identificar los patrones únicos en cada cultivar.

El grupo de la Universidad de Patras desarrolló un dispositivo descartable, que utiliza cuatro ubicaciones de SNP sobre el genoma, cada una con dos variaciones posibles. Esas ocho posibilidades pudieron distinguir entre siete variedades de aceitunas encontradas en Grecia, usando muestras de hojas de aceituna como también de aceite de oliva. El equipo continúa identificando los SNP que se pueden utilizar para identificar cultivares específicos de aceitunas. "Para ser más precisos y para identificar más cultivares se necesitan más SNP", dijo Kalogianni.

doi.org/10.1021/acs.analchem.3c05507). Utilizando la secuencia genética particular de las especies vegetales, este grupo de investigación puede identificar si una muestra de aceite de oliva es pura usando su ADN.

El sensor utiliza un indicador visual para señalar si una muestra de aceite de oliva está adulterada. Además, identifica si el aceite vegetal adicionado es de maíz, sésamo, soja, girasol, almendra o nuez, en base a las variaciones de nucleótidos únicas en las especies vegetales. La técnica depende de marcadores de ADN específicos, únicos para cada especie, que ordenan al organismo construir su maquinaria proteica para sintetizar los ácidos oleico, palmítico, esteárico, linolénico y similares.

El primer paso es aislar el ADN del aceite. No hay mucho, en parte porque los procesos usados para extraer el aceite de las aceitunas dañan las delicadas moléculas de ADN. Se aplica una muestra de prueba al dispositivo sensor después que los investigadores realizan un paso individual de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y una reacción múltiple de 20 min para la discriminación vegetal. Dicha amplificación ayuda a la técnica a volverse altamente sensible a, incluso, cantidades reducidas de ADN.

Los marcadores comúnmente utilizados incluyen un cambio de una sola base de

ADN (denominado polimorfismo de un solo nucleótido, o SNP, por sus siglas en inglés), o una secuencia de bases que se repite una cantidad conocida de veces (llamada repeticiones de secuencias simples, o SSR, por sus siglas en inglés). El sensor puede detectar adulterantes en valores tan bajos del 5-10 % de la mezcla de aceite.

Los desafíos

Como fuera mencionado, el daño del procesamiento conduce a longitudes más cortas del ADN encontrado en los aceites y eso plantea un desafío para los investigadores. Deben identificar trechos del ADN único del aceite de oliva, que se encuentran dentro de esos fragmentos altamente degradados. La secuenciación depende de cebadores que se prenden al ADN existente y guían a los componentes de la PCR para amplificar dicha región, creando una cantidad suficiente para ser detectada por el sensor.

Distinguir entre las especies vegetales que tienen ADN similar, requiere un cebador lo suficientemente largo para identificar una especie individual. No obstante, el daño del ADN por el procesamiento conduce a longitudes progresivamente más cortas. Los investigadores deben identificar la primera secuencia lo suficientemente larga para ser única para las especies adulterantes, pero lo sufi-

cientemente corta para ser, plausiblemente, un vestigio que sobrevivió al procesamiento.

Resulta muy difícil encontrar cebadores que distingan las variedades de las mismas especies.

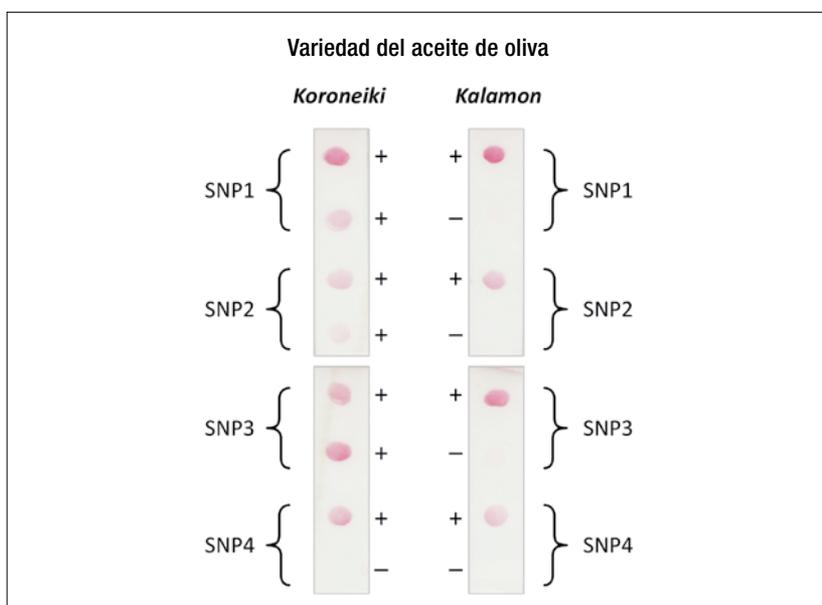
Desarrollo del método

A pesar de su utilidad para la identificación de especies de aceite, un desafío clave para el análisis del ADN es lograr suficiente repetibilidad y reproducibilidad. Para aceptar la prueba, el Consejo Oleícola Internacional, una de las organizaciones que gobiernan las normas para el aceite de oliva, requiere que la prueba sea cuantitativa (<https://www.internationaloliveoil.org/>). Eso es un problema para el análisis del ADN, porque solo mide la presencia o la ausencia de un marcador genético.

Históricamente, las pruebas para el aceite de oliva dependían de la cromatografía de gases o de la cromatografía líquida de alta presión (HPLC, por sus siglas en inglés), o más recientemente de la espectroscopía, para cuantificar componentes específicos como el ácido linoleico. Debido a que todos los métodos adoptados por el COI hasta ahora son cuantitativos, resulta más difícil incluir un método nuevo, que no lo sea.

Los métodos similares basados en ADN se utilizan para detectar organismos genéticamente modificados (GMO, sus siglas en inglés) en productos alimenticios y han sido aprobados para su uso por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés). Algunos investigadores creen que el COI debería tener en cuenta dicho precedente, cuando evalúan este tipo de métodos para una prueba de aceite de oliva.

Sin embargo, hasta ahora los métodos basados en ADN solo exhiben pruebas de concepto. No se ha establecido un método reproducible en la literatura científica. Una vez que haya datos reproducibles en múltiples grupos de investigación, el siguiente paso es lograr que los organismos reguladores adopten los métodos de análisis basados en ADN como un método oficial.



Un ejemplo de un sensor de ADN multialélico que se utiliza para distinguir entre las variedades de aceite de oliva (Koroneiki y Kalamon). La imagen muestra sus perfiles genéticos en base a una combinación de alelos 4 SNP. La detección visual se determina a simple vista.

Fuente: Kalogianni.

Jim Kling es un escritor científico con base en el estado de Washington. Puede ser contactado en jkling@gmail.com.

 **DUNLOP**


KAPHER

3M


BORIS

**TIP
TOP**

NH

MSA

Continental 

Cintas transportadoras
Correas elevadoras
Correas en V
Mangueras
Plásticos de Ingeniería
Barras-Bujes planchas
Materiales antidesgaste
Engomado de Rolos

En goma
En poliuretano

Cangilones
Poliétileno media densidad
Poliuretano

Telas de uso agrícolas
Media sombra
Agrotileno
Rascadores

LINEA DE SEGURIDAD

Guantes
Casco
Calzado de seguridad
Ropa de Trabajo
Proteccion de altura
Señalización

Salta 3350 (2000) Rosario **Rosario**
WhatsApp: 341 370-3270 / Tel.: (0341) 439-1091
E-mail: kussmaul@kussmaul.com.ar

Av. Sabatini 2107 (5800) Río Cuarto **Río Cuarto**
Tel/Fax (0358) 464-5274 / 464-3387
E-mail: kussmaul@arnet.com.ar

Web site: www.kussmaul.com.ar



Molino Triturador OLCC

¡Primer equipo del mercado con **tecnología inteligente** para reemplazo de cilindros, garantizando ahorro de tiempo para su equipo y un **rendimiento superior** para su operación!



Reemplazo de rollos en solo **2 horas por par**, máxima disponibilidad.

Ajuste fácil y preciso de granulometría para una **operación eficiente**.

Motores potentes y transmisión eficiente para **alto rendimiento**.



¡Escanea aquí para más información!
o escríbenos:
guillermo.oshima@buhlergroup.com

BUHLER

USOS FUNDAMENTALES Y FUNCIONALES DE LAS GRASAS Y LOS ACEITES EN LA NUTRICIÓN DE LAS MASCOTAS

En los últimos años, los ingredientes como el aceite de pescado y la palta se han promovido como parte de una dieta balanceada para los humanos conscientes de su salud. Estos alimentos son fuentes de grasas saludables y nutrientes importantes, que también son fundamentales en las dietas de las mascotas. El volumen y el valor de los aceites y grasas como ingredientes en los alimentos para mascotas, como también los productos nuevos con énfasis en las grasas, demuestran la prevalencia de dichos ingredientes en la industria.

Las grasas en números

En 2020, el Instituto para la Educación e Investigación de Alimentos Balanceados (IFEEDER, en inglés), el Instituto de alimentos para mascotas (PFI, en inglés) y la Asocia-

ción Norteamericana de Rendering (NARA, en inglés) emitieron un informe revelando la prevalencia de las grasas y los aceites como ingredientes en la industria de los alimentos para mascotas. Las estadísticas de estos ingredientes para los alimentos de las mascotas en los EE.UU. que provienen del sacrificio o el reciclaje revelan que la carne y la grasa animal son la cuarta y quinta mayor categoría de ingredientes animales por volumen, respectivamente, con más de 100.000 toneladas de grasa vacuna utilizadas por año. Los aceites y las grasas también provienen de fuentes que no son el sacrificio y el reciclaje, e incluyen el aceite vegetal con base en la molienda y el aceite de pescado, que es un subproducto de la pesquería.

En total, los aceites y las grasas representan US\$ 218.1 millones en valor como ingredientes de alimentos para mascotas y consiste

de 306.347 toneladas anuales de materias primas. Las grasas recicladas de animales contribuyen muy significativamente a este valor monetario que representa un monto anual de US\$ 153.4 millones. Los valores anuales de otros aceites son menores pero

Uso anual de grasa y aceite para la producción de alimentos para mascotas en EE.UU.

Ingrediente	Toneladas	Valor en US\$
Grasa vacuna	132.456	72.850.575
Grasa animal	98.147	51.409.408
Grasa de pollo	43.778	21.888.996
Grasa avícola	13.084	6.542.213
Aceite vegetal	12.206	10.304.888
Aceite de pescado	5.104	54.406.300
Grasa de cerdo	1.186	480.157
Grasa de panceta	386	263.828

Fuente: IFEEDER *et al.*, "Pet food production and ingredient analysis", Marzo 2020



Los aceites y grasas requieren almacenamiento, manipulación y procesamiento que resulten adecuados para proporcionar los beneficios prometidos durante la vida útil del alimento y las golosinas para mascotas. (Fuente: ©VIDADY - STOCK.ADOBE.COM)

también significativos, con un valor dólar del aceite vegetal de US\$ 10.3 millones; y a pesar del menor volumen de producción anual, el aceite de pescado como ingrediente para el alimento para mascotas exhibe un valor de US\$ 54.4 millones por año.

La prevalencia de determinadas grasas difiere levemente entre los alimentos para gatos y para canes. Según un informe del IFEEDER, “la grasa animal genérica es la principal grasa animal elegida para la producción de alimentos para gatos y durante el período de estudio se utilizaron 24.992 toneladas, seguida por la grasa vacuna y la grasa de pollo, con 23.851 y 6.301 toneladas, respectivamente”.

Sin embargo, para los alimentos para canes, “la grasa vacuna es el principal ingrediente, y se utilizaron 123.605 toneladas para los alimentos para canes, seguida por 79.518 toneladas de grasa animal y 42.268 toneladas de grasa de pollo”.

•••

Usado en volúmenes reducidos pero costosos, el aceite de pescado para su uso en alimentos para mascotas cuenta un promedio de US\$ 10.660 por tonelada. (Fuente: IFEEDER)



Los aceites derivados de pescado como ingredientes en los alimentos para mascotas o como productos individuales adicionados en los alimentos y golosinas para mascotas son populares con los dueños de mascotas para ayudar a la salud de la piel y el pelaje. (Fuentes: Hofseth BioCare and Tiki Pets)

En ambos casos, después de las grasas vacunas, animales y de pollo, el aceite de pescado es la fuente de grasa más popular derivada de un animal, y si las tendencias de los alimentos de mascotas siguen las de los padres de las mascotas, el aceite de pescado podría ser considerado como un crecientemente ingrediente popular para las personas preocupadas por la salud de sus mascotas en los próximos años.

Los aceites de pescado que están de moda

Al considerar a los aceites y grasas como un ingrediente saludable, una mayor cantidad de formuladores están eligiendo aceites altos en ácidos grasos omega-3 y omega-6. Con frecuencia, se considera que el aceite de pescado es una excelente fuente de algunos de estos nutrientes fundamentales.

“No todos los omega-3 son iguales y los ácidos grasos específicos se utilizan para focalizarse en aplicaciones específicas que van de un corazón sano a articulaciones sanas en los seres humanos y las mascotas”, dijo Chris Klaska, gerente de grupo de producto de grasas y aceites para el proveedor de ingredientes Scoular, en Omaha, Nebraska. “Más gente está reconociendo a las mascotas como miembros de la familia y la creciente cantidad de humanos conscientes de la nutrición quieren que sus mascotas tengan una vida larga y rica”.

En los nuevos productos de alimentos para mascotas se han resaltado una variedad de aceites de pescado. La nueva línea de alimentos húmedos para gatos “Tiki Cats”, de propiedad de Whitebridge Pet Brands, en St. Louis, se ha focalizado en la salud de la piel y el pelaje. Los aceites y grasas son elementos importantes en la fórmula “Special Skin & Coat” de la empresa, que incluye aceites de salmón y atún para proporcionar ácidos omega-3 que ayudan a la salud de la piel y el pelaje. La fórmula también incluye zinc y vitamina B, así como aceite de coco.

El aceite de pescado también se publicita para otros beneficios para la salud que van más allá de la piel y el pelaje. La línea de alimentos húmedos para razas pequeñas de “Stella & Chewy”, denominada “Lil’ Bites Savory Stews” incluye aceites de cúrcuma, taurina, girasol y salmón para proporcionar beneficios anti-inflamatorios y de salud cardíaca.

El aceite de salmón por sí mismo es un producto que ha sido recientemente lanzado como un suplemento por fuera de la fórmula del alimento para mascotas. Un ejemplo es el aceite de salmón brillante de la empresa Hofseth BioCare con sede en Chicago, que fue lanzado a la venta en EE.UU. y Canadá por el canal independiente de especialidades para mascotas. El producto es un suplemento para mascotas con beneficios funcionales, como por ejemplo, la salud de la piel, el pelaje y la almohadilla de la pata, y para brindar mayor energía y apetito. Otras fuentes de aceite de pescado también están creciendo en popularidad.

“Hemos observado un mayor interés en el aceite de abadejo salvaje de Alaska tanto para alimentos para mascotas como para consumo humano”, destacó Klaska. “La pesquería de abadejo de Alaska es la pesquería sustentable certificada más grande del mundo. Es un aceite muy limpio y fácil de trabajar por el mínimo contenido de estearina y su bajo punto de fusión. Exhibe una apariencia y un perfil nutricional muy similar al del aceite de salmón salvaje de Alaska, su suministro es más abundante, y su precio es más competitivo”.

Estatus de superalimento

Algunos aceites de base no animal también han alcanzado un estatus de superalimento ya que como ingredientes proporcionan beneficios importantes para las mascotas. El aceite de coco es uno de esos productos. Además de ser usado en la fórmula “Special Skin and Coat” de Tiki Cats, Dogswell que también pertenece a la empresa “Whitebridge Pet Brands”, incluye aceite de coco en su línea de salud focalizada en “embutidos para canes. El aceite de coco y el de menta están contribuyendo a la salud oral de las mascotas en productos tales como golosinas para canes de palitos dentales “Brushy Sticks” de la empresa Bocce Bakery en los cuales estos aceites contribuyen a refrescar naturalmente el aliento de las mascotas.

“A medida que la humanización de las mascotas continúa cumpliendo un gran papel en las elecciones de compras de los padres de mascotas, vemos que algunos ingredientes, tales como el aceite de coco y de oliva, que son más comunes en la industria para humanos están ganando popularidad”, dijo Natalie

Asaro, gerente de nutrición en Petcurean, en Columbia Británica, Canadá.

Los aditivos y recubrimientos son una forma cada vez más popular para que los dueños de mascotas suplementen las dietas de sus mascotas, y los aceites han sido exitosos en este segmento como una forma viable para controlar la salud de la mascota y mejorar las relaciones de los dueños de las mascotas con sus compañeros.

“Los recubrimientos húmedos y secos suministran nutrientes y construyen relaciones favorables entre el dueño y sus mascotas porque muestran que aprecian sus elecciones de alimentos”, dijo Dave Carney, gerente de ventas de área en Bühler Aeroglide, Cary, N.C.

Las grasas y aceites que le dan sabor y aroma al alimento balanceado con antioxidantes beneficiosos por lo general están en forma líquida, y esto puede servir como una agente de adhesión para los materiales secos. La empresa Muenster Milling Company, un fabricante de alimentos para mascotas y otros forrajes para animales, ofrece el servicio “My Custom Dog Food™” que permite a sus clientes de autoenvío personalizar sus pedidos de alimentos secos para mascotas que incluyen grasa de panceta, aceite de salmón, aceite de coco y proteínas liofilizadas para proporcionar mayores beneficios para la salud y una mayor satisfacción general de la mascota.



La popularidad del aceite de coco le ha dado un lugar en el frente de numerosos envases de alimentos y golosinas para mascotas.

(Fuente: Dogswell)

Innovaciones en los aceites

Las alternativas a los aceites tradicionales están siendo continuamente evaluadas para su uso en la industria de los alimentos para mascotas. Los productos de cáñamo son una tendencia creciente en los alimentos para mascotas como lo son en el mundo de los humanos y últimamente la cuestión de la aprobación de ingredientes derivados del cáñamo para su uso en alimentos para animales se ha convertido en un tema candente.

La Asociación de Funcionarios de Control de Alimentos de Estados Unidos (AAFCO, en inglés) mira hacia la industria para iniciar evaluaciones mediante un proceso de envío de la definición de ingrediente. Erin Bubb, presidente de AAFCO, informó que recientemente se realizó un envío para una harina de semilla de cáñamo para su uso en el alimento para gallinas ponedoras. Ella agregó, “parece que aún hay gran interés en el aceite de semilla de cáñamo y la harina de semilla de cáñamo para otras especies animales, por lo tanto esperamos ver más presentaciones de ingredientes en un futuro cercano”.

Aunque aún se debe determinar la aprobación para el uso de ingredientes derivados del cáñamo en los alimentos para mascotas, una fuente nueva de aceites recientemente recibió una resolución. La AAFCO aprobó la microalga marina, un ingrediente rico en ácidos grasos omega-3 que ha mostrado que puede ayudar a la salud de los canes que están envejecien-



Los omega-3 se utilizan para focalizarse en aplicaciones específicas que van desde un corazón sano a articulaciones sanas tanto en seres humanos y en mascotas.

(Fuente: Petcurean)

do. El ingrediente nuevo ofrece una alternativa sustentable y rentable para el aceite de pescado y puede ayudar a la función cerebral de los canes mayores y también proveer otros nutrientes importantes para mantener la salud de las mascotas adultas.

El ingrediente de algas como alternativa para el aceite de pescado es considerado sustentable porque tiene una baja huella de carbono y reduce la necesidad de poblaciones globales de peces salvajes para los alimentos para mascotas. Dicho ingrediente ofrece aproximadamente el doble de DHA omega-3 que los productos de aceite de pescado y crece en tanques de fermentación con caña de azúcar libre de OGM, y el proceso completo se alimenta con energía renovable.

“Como proveedor dedicado de ácidos grasos omega-3 de cadena larga para la industria de los alimentos para mascotas, estamos entusiasmados con las posibilidades y los aspectos sustentables del DHA de algas de “AlgaPrime DHA”, dijo Geert van der Velden, gerente de innovación en IQI Trusted Petfood Ingredients, Amersfoort, Países Bajos.

La empresa Corbion, en Lenexa, Kansas ha estado produciendo ingredientes omega-3 comercialmente desde 2016, y ahora busca ofrecer fuentes limpias y sustentables de ácidos grasos para los fabricantes de alimentos para mascotas.

La empresa Veranaris con sede en Delft, Países Bajos, que es una empresa conjunta de DSM y Evonik, también agregó su nombre a la lista de proveedores de ingredientes de alimentos para mascotas ofreciendo una alternativa para el aceite de pescado derivada de microalgas marinas naturales.

Las mejores prácticas de la industria

Mantener la integridad y los beneficios para la salud de los aceites y grasas en los alimentos para mascotas requieren cumplir las mejores prácticas de la industria para la selección, el almacenamiento y el procesamiento.

Se pone mucho cuidado en la integridad y la fuente de dichos aceites. Hofseth fabrica su aceite de salmón en Noruega usando salmón noruego del atlántico y un proceso de extracción patentado. Es un producto de un solo ingrediente y no contiene aditivos. La simplicidad de los aceites es importante para que

las etiquetas de alimentos saludables sean directas y comprensibles para los padres de las mascotas.

Rick Cummisfor, director de control de calidad en Columbus Vegetable Oils, en Des Plaines, Illinois, habló a su compañía de aceite de etiqueta limpia diciendo: "Nuestros aceites son simples, por lo general con un ingrediente o tal vez unos pocos si se necesita una mezcla para la fórmula. Este abordaje simple ayuda a mantener etiquetas limpias".

•••

"Uno de los desafíos de la inclusión de grasas y aceites en los alimentos húmedos para mascotas es garantizar que la formulación final no quede demasiado elevada en grasas", dijo Natalie Asaro de Petcurean.

Según Klaska, mantener la calidad de los aceites como un ingrediente significa luchar contra la oxidación. Algunos aceites de más alta gama son propensos a la oxidación, por consiguiente, los formuladores que afirman que no tienen conservantes con frecuencia incluyen antioxidantes naturales en los alimentos para mascotas, como por el ejemplo el extracto de romero.

"Cuando se almacenan o procesan grasas y aceites, uno desea limitar la oxidación", explicó Klaska. "El oxígeno, la luz UV y las temperaturas elevadas incrementarán la velocidad de oxidación, y esto afecta negativamente el aroma, sabor y la vida útil de la grasa o el aceite y podría afectar la palatabilidad para las mascotas.

Cuando se incluyen aceites y grasas en las fórmulas de alimentos para mascotas, el equilibrio también es un desafío importante para entregar productos saludables.

"Uno de los desafíos de la inclusión de grasas y aceites en alimentos húmedos para mascotas es garantizar que la formulación final no quede demasiado elevada en grasas", destacó Asaro. "Los alimentos húmedos para mascotas con frecuencia contienen grandes cantidades de carne fresca, que contribuyen con proteína y grasa a la receta. Cuando se formula un alimento húmedo el objetivo es crear una receta completa y equilibrada que proporcione todos los ácidos grasos esenciales en las cantidades adecuadas, mientras se mantiene controlado el nivel de grasa".

Este artículo fue publicado en la edición de septiembre de 2021 de Pet Food Processing. Este y otros artículos se pueden leer en nuestra edición digital de septiembre.

Material extraído de Pet food Processing en fecha 26-10-2021 y publicado bajo autorización de sus editores.

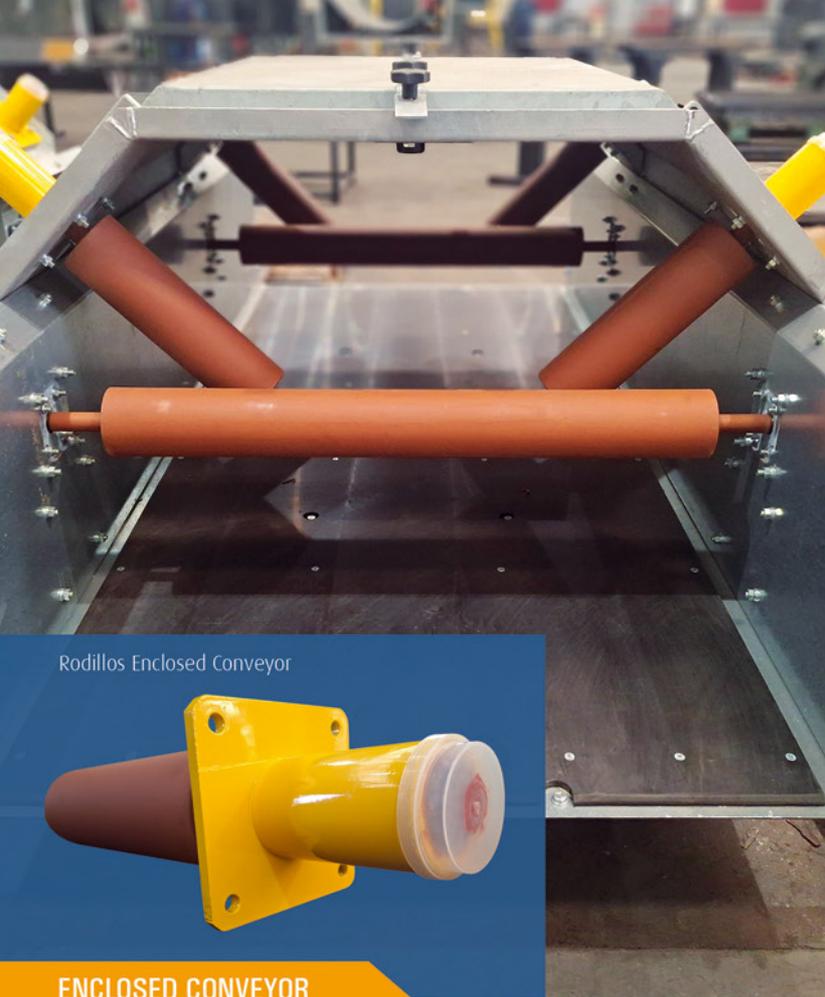


**CIA. AEROMECHANICA
ARGENTINA SRL**

**Ofrecemos la más
avanzada tecnología**

- Proyecto, provisión y montaje de sistemas de aspiración y filtrado de polvos.
- Filtros de mangas con limpieza manual o automática de alta, media y baja presión.
- Separadores ciclónicos.
- Ventiladores centrífugos y axiales.
- Aireación de celdas y silos.
- Lavadores y humidificadores de aire.
- Transportes neumáticos.
- Optimización y ampliación de instalaciones y equipos existentes.
- Aspiradoras portátiles para limpieza y movimientos de cereales.

Parque industrial Rosario Oeste · Av. de Las Palmeras 4515 · Rosario, Santa Fe, Argentina · Tel./Fax: 0341-5263869 / 5263863
E-mail: info@aeromecanica.com.ar · www.aeromecanica.com.ar



Rodillos Enclosed Conveyor



ENCLOSED CONVEYOR

- Reducen la contaminación ambiental
- Rodillos con rodamientos externos, permitiendo eliminar riesgos de explosión por elevación de temperatura.
- Tapas para fácil detección de atascamiento de rodillos



PIPE CONVEYOR



Rodillos Lorbrand para pipe conveyor y cinta convencional



- Permite rutas complejas con curvas horizontales y verticales
- Elimina puntos de transferencia de material
- Permite pendientes pronunciadas
- Menor costo de inversión (la estructura es parte del transportador)
- Menor costo de energía consumida y mantenimiento



 ARGENTINA

KRK Latinoamericana S.A.
 Monroe 5088 3º piso (1431) Ciudad de Buenos Aires
 Tel/Fax (54 11) 6841-7800 - (54 11) 5408-4876

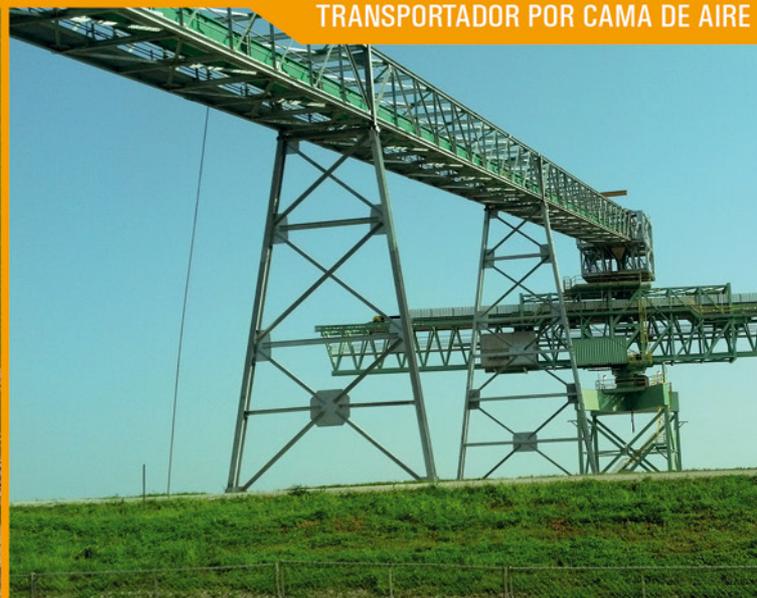
 CHILE

KRK Latinoamericana SpA
 Dr. M. Barros Borgoño 71, Of. 1105 11º P- Providencia - Santiago
 Tel/Fax (56 22) 760-4202

comercial@krklatin.com | www.krklatin.com



TRANSPORTADOR POR CAMA DE AIRE



TRANSPORTADOR DE BANDA POR CAMA DE AIRE, TECNOLOGIA Y DISEÑO BCZ (BEUMER GROUP), FABRICACION en Argentina por KRK latinoamericana S.A. Longitud 280 metros, 1200 ton/hora base soja

Apoyamos la industria nacional.



KRK Latinoamericana S.A.
Monroe 5088 3º piso (1431) Ciudad de Buenos Aires
Tel/Fax (54 11) 6841-7800 - (54 11) 5577-5527
comercial@krklatin.com | www.krklatin.com



MEMBER OF BEUMERGROUP

USO DEL BALANCE DE MASAS EN LAS OPERACIONES DE GRANOS Y SUBPRODUCTOS

Oportunidad invisible, impacto real

En muchas empresas agroindustriales, se habla con naturalidad de desvíos y diferencias entre lo que entra y lo que sale. Sin embargo, pocos se detienen a mirar de cerca esas pérdidas con una herramienta poderosa: el balance de masas. Y menos aún, a convertir los hallazgos en oportunidades reales de altísima mejora económica y sin realizar inversiones, solamente aplicando y optimizando la gestión.

Este artículo propone abordar el tema del balance de masas, no solo con una mirada técnica, sino desde una perspectiva de la mejora continua y de esta manera, poder aprovechar las bondades que nos brinda este tipo de herramientas y la inmediata capitalización monetaria que se obtiene a través de la implementación de estas.

Porque cuando se mide bien, se entiende mejor. Y cuando se entiende mejor, se puede mejorar sin necesidad de inversiones en activos fijos. Solo se utiliza lo que ya existe.

El balance de masa en base seca

El balance de masa es un tema apasionante dentro de los negocios que involucran movimientos y transformación de granos, o cualquier otra materia viva que sufra transformaciones en su composición, sea por efectos naturales o provocados por el hombre.

Y si bien el tema es de una importancia relevante a la hora de valorizar económicamente sus efectos, sigue estando afuera de las agendas de capacitación y entrenamiento del personal de las empresas. Más grave aún, es el hecho de que difícilmente se encuen-

tren proyectos o iniciativas recurrentes en los calendarios de las organizaciones para abordar este tema con la frecuencia que lo amerita.

En el siguiente trabajo vamos a desarrollar los conceptos básicos de un balance de masas en base seca y vamos a aplicar una técnica muy difundida y recomendada por la mejora continua denominada KAIZEN, la cual permitirá identificar el problema, cuantificarlo económicamente y encontrar sus causas básicas para intentar resolverlas.

Base seca versus base tal cual

No hay manera más clara de explicar el balance de masas que compararlo con bicicletas. Si nuestro negocio fuera la compra-venta de bicicletas, todo sería más simple: recibimos una bicicleta y vendemos la misma, sin importar el peso, la oxidación u otro cambio de composición. Es decir, entra 1 y sale 1, y lo que define el negocio es la diferencia económica entre la compra y la venta.

Pero con granos, la realidad es distinta. Si bien el margen entre compra y venta sigue siendo clave, la probabilidad de que el peso de salida sea diferente al de entrada es muy alta, y el costo asociado a ello también.

Entender la diferencia entre los conceptos de base seca y base tal cual es el punto neurálgico de esta cuestión. Quien comprenda este concepto y lo difunda en toda la organización estará en ventaja competitiva. Quien no lo entienda, probablemente tampoco perciba las pérdidas económicas ocultas que genera.

Como regla general: Peso de entrada \geq Peso de salida.

Ejemplo técnico

Cuando se comercializa y transporta grano, uno de los aspectos más críticos en la trazabilidad operativa es el balance de masa en base seca, especialmente cuando ocurren cambios de humedad entre origen y destino.

Para simplificar el análisis, supongamos que se despachan 100 toneladas de soja con un 15% de humedad. Esto implica que el contenido de materia seca es de 85 toneladas y el resto, 15 toneladas, corresponde a agua.

Si al momento de la recepción se determina que la soja llegó con 14% de humedad, es lógico pensar que ocurrió una pérdida por evaporación durante el transporte. Sin embargo, es fundamental entender que el porcentaje de humedad no se traduce directamente en "porcentaje de pérdida en peso".

De hecho, si se hubiese evaporado exactamente 1 tonelada de agua (pasando de 15 a 14 toneladas), el nuevo peso total sería de 99 toneladas. No obstante, 99 toneladas con 14 toneladas de agua representan un 14,14% de humedad, no el 14% esperado.

Para que el lote recibido tenga exactamente 14% de humedad, la cantidad de agua final debe ser de 13,83 toneladas. Esto implica que la pérdida por evaporación debería haber sido de 1,16 toneladas. En ese caso, el peso final total sería de 98,83 toneladas.

Este cálculo se realiza manteniendo constante la masa seca (85 toneladas), y aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso final} = \text{Masa seca} / (1 - \text{Humedad final})$$

Este es un punto de atención especial, ya

que en muchas operaciones logísticas la diferencia de peso entre origen y destino se interpreta rápidamente como una pérdida económica. Sin embargo, esa diferencia puede estar explicada exclusivamente por la pérdida de humedad durante el transporte lo cual abre el juego a un acuerdo comercial diferente basado en la humedad de destino.

Por eso es crucial llevar los cálculos a base seca. Al eliminar la humedad como variable, se obtiene una visión objetiva del proceso y se aíslan los desvíos reales, como errores de medición, malas prácticas operativas, pérdidas físicas no controladas o incluso fraudes.

La base seca no solo permite comparar técnicamente dos estados distintos del mismo lote, sino que también se convierte en la base metodológica sobre la cual deben analizarse los balances de masa para detectar oportunidades de mejora concreta.

Primera conclusión: siempre van a existir diferencias entre origen y destino por motivos fisicoquímicos. Los negocios deben contemplar las variables peso y humedad, y sus respectivos rangos lógicos de diferencia, porque de otra manera se caerá en una búsqueda infructuosa de culpables que no agrega valor.

Veamos un ejemplo con volúmenes más reales para poder visualizar la magnitud de la potencial pérdida económica.

El problema planteado es que la compañía movió un total de 900.000 toneladas de soja en el año, con una humedad promedio de 15%. La balanza de entrada al proceso de Crushing arrojó un total de 880.000 tone-

ladas con una humedad promedio de 14%. Hubo 20.000 toneladas de diferencia las cuales necesitan ser explicadas al directorio de la compañía, el cual asume como primera conclusión apresurada que tienen una pérdida de 6 millones de dólares (300usd/ton. × 20.000 ton).

Semejante problema no puede analizarse solamente con la técnica de los 5 POR QUÉ. Aquí es necesario aplicar la potencia de la mejora continua y utilizar las técnicas correspondientes, en este caso, un KAIZEN con enfoque DMAIC (Ver Figura 1).

Recomendación

Dada la sensibilidad del resultado del negocio frente a los balances de masas, es fundamental mantener esta práctica como parte de la rutina operativa. Idealmente, debe formar parte del trabajo estándar del área administrativa y estar incluida en el Plan Anual de Operaciones. En muchos casos, incluso debería aplicarse más de una vez por año.

El negocio necesita un KPI (Indicador Clave de Producción) que defina la oportunidad de mejora.

El negocio tiene que entender que cuando de muestreos y mediciones se trata, obtener el valor CERO como diferencia es prácticamente imposible. Por eso se necesita una métrica clave que defina un rango aceptable de diferencias. La meta debe ser clara y estadísticamente fundamentada. En este caso, podríamos establecer como objetivo que la "Diferencia en base seca" sea de ±0,25%.

Siguiendo con el ejemplo numérico, está claro que la empresa tiene una diferencia de 20.000 toneladas en base tal cual. Y esa base ya presenta diferencias dado que se cargo con 15% de humedad y luego ingresó al proceso con 14%. Está claro que hubo un proceso de evaporación, pero estamos seguros que eso es todo lo que ocurrió? No lo estamos, por lo cual es necesario iniciar el balance en base seca.

La masa inicial al momento de la carga en base seca era de:

$$\text{Masa seca} = \text{Peso final} \times (1 - \text{Humedad final}) = 900.000 \times (1 - 0.15) = 765.000 \text{ ton.}$$

La masa final a la entrada de la planta era de:

$$\text{Masa seca} = \text{Peso final} \times (1 - \text{Humedad final}) = 880.000 \times (1 - 0.14) = 756.800 \text{ ton.}$$

$$\text{Diferencia en base seca} = 765.000 - 756.800 = 8.200 \text{ ton}$$

Es conclusión, de las 20.000 toneladas de diferencia inicial se puede decir que casi 12.000 toneladas se explican por un proceso de evaporación lo cual debe ser abordado desde una óptica técnico-comercial pero que la empresa necesita encontrar una respuesta para las 8.200 toneladas restantes de diferencia.

Recordando que el CERO sería ideal, pero es casi una utopía alcanzarlo, la empresa decide dar el valor de +/- 0,25 % a la diferencia de masa en base seca.

$$\text{Para el ejemplo en cuestión, } 0.25\% \times \text{masa seca inicial} = 765.000 \times 0.25\% = 1912$$

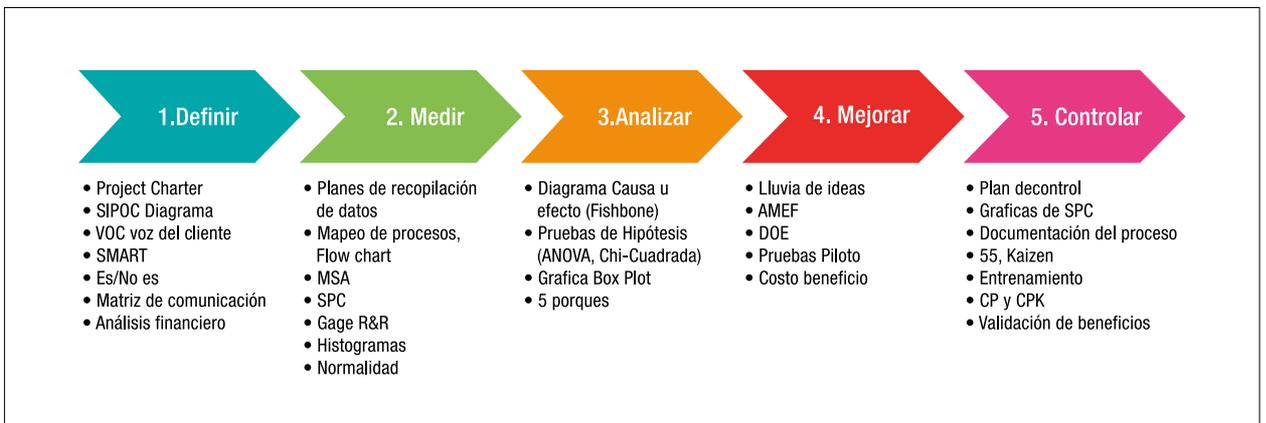


Figura 1

ton. Pero la merma fue de 8.200 ton, es decir 1.07 % (8200/765.000) por lo tanto, la Resolución de Problemas se reduce ahora a encontrar el motivo de diferencias tan por encima de ese KPI permitido. (1.07-0.25= 0.82 % de diferencia) (Ver Tabla 1).

Sobre el mapeo de pérdidas

El mapeo del proceso es un paso fundamental a la hora de iniciar la etapa Medición del KAIZEN. Pero no siempre es necesario utilizar técnicas tradicionales complejas. En muchos casos, una representación visual simple puede ser suficiente para iniciar el análisis (Ver Figura 2).

En general, cualquier flujo de grano desde el origen hasta su destino (ya sea traslado, almacenamiento, procesamiento o exportación) puede presentar pérdidas. Estas suelen clasificarse en dos tipos:

Pérdidas registrables: son aquellas sobre las cuales se tiene conocimiento y cierto control. Ejemplo: secado, aireación, prelimpieza, ajustes de humedad comerciales.

En el ejemplo numérico se puede decir que 12.000 ton. se perdieron por evaporación, sea en el transporte de la mercadería o en algún proceso posterior, secado y/o aireación. Todo aquello que se pueda medir y controlar.

Pérdidas no registrables: son aquellas que no se detectan fácilmente y que emergen al realizar un balance de masa base seca. Ejemplos: errores de balanzas, muestreos incorrectos, calibraciones deficientes, prácticas inadecuadas, robos o fraudes.

Aquí es donde se debe concentrar el KAIZEN para identificar y analizar todos aquellos potenciales puntos de fuga, que por lo general son muchos y que no son de fácil entendimiento y resolución.

Tabla 1 - Ejemplo económico: impacto de las diferencias en base seca

Volumen total operado	900.000 toneladas
Precio por tonelada	USD 300
Diferencia objetivo (KPI)	±0,25%
Diferencia real observada	1.07%
Desvío respecto del objetivo	0,82%
Pérdida económica estimada	USD 1.880.000

Brainstorming de causas básicas, listamos algunas como ejemplo

En los controles: ¿existen procedimientos de calibración de balanzas y humedímetros? Como la respuesta a esta pregunta es siempre la misma; “por supuesto, nosotros tenemos todo calibrado”, el requisito siguiente será el de ver la frecuencia con la cual ocurren los desvíos y que acciones se toman con todos esos datos que han sido parte del periodo afectado

En los operadores involucrados: ¿existe seguimiento a los operadores que realizan los procesos de muestreo? Puntos en que se toma la muestra, cantidad de muestras

obtenidas, profundidad en que se introdujo el calador o muestreador. ¿Existe capacitación adecuada y cumplida de manera correcta? Este punto es muy crítico cuando los medios de transporte son de gran volumen (convoy de vagones o barcasas)

Para las técnicas de laboratorio: ¿Se realizan controles de Repetitividad y Reproducibilidad sobre los análisis realizados? (técnica estadística Gage R&R)

Para el almacenamiento de granos: ¿existen buenas prácticas de conservación y son cumplidas y registradas de manera correcta? Por ejemplo, tiempo de estadía de la mercadería en silos

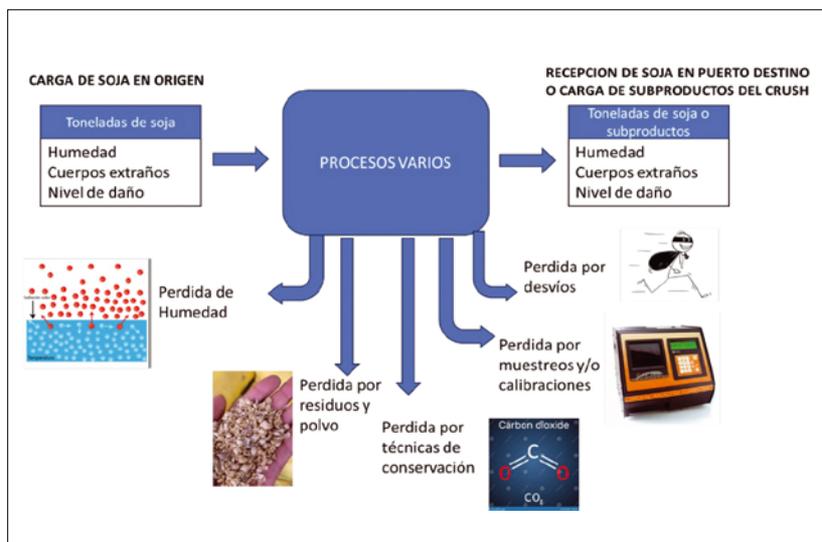


Figura 2

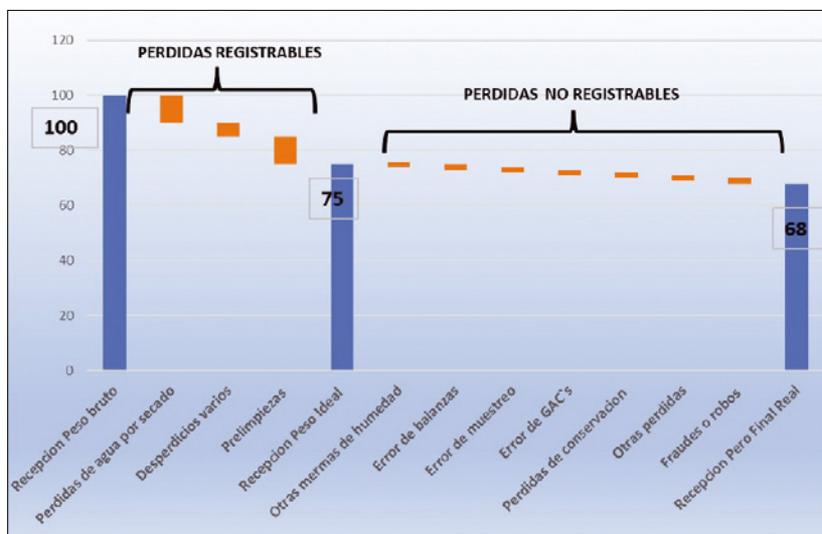


Figura 3

Las condiciones estructurales de los silos y celdas están en condiciones, sin ingresos de agua, con circulación de aire correcta.

Para el tránsito: ¿existen controles de los tiempos de tránsito desde que la mercadería sale del origen y llega al destino? (Ver Figura 3).

Conclusión: el balance de masas como puerta de entrada a la mejora continua

Realizar balances de masas en base seca no es solo una buena técnica, es una herramienta fundamental para garantizar que lo que ingresa en un proceso es razonablemente coherente con lo que sale, considerando sus transformaciones fisicoquímicas. Sin esta validación,

cualquier análisis de pérdidas o rendimiento carece de sustento técnico y expone al negocio a desviaciones económicas no cuantificadas.

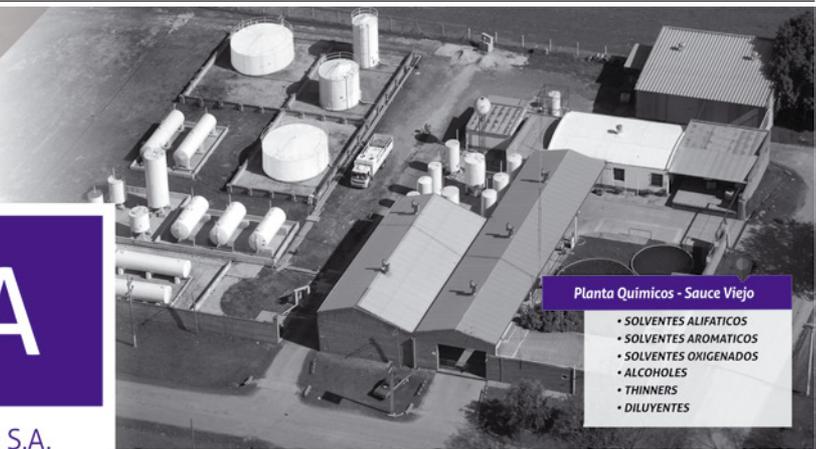
Pero el impacto de este tema va mucho más allá de una tabla de pesadas: hablamos de resultados económicos concretos que pueden representar cientos de miles de dólares anuales. Y como ocurre con muchos otros problemas operativos, su resolución no requiere grandes inversiones en infraestructura, sino un enfoque disciplinado, sistemático y orientado a la mejora continua.

El camino comienza por el conocimiento y comprensión del fenómeno por parte del personal, sigue con la estandarización de tareas y rutinas de ejecución, y se consolida mediante el análisis estructurado de desvíos utilizando herramientas como KAIZEN.

Los balances de masa no son un fin en sí mismo, sino el punto de partida para encontrar oportunidades ocultas, estructurar la mejora y transformar datos dispersos en decisiones de negocio con impacto real.

Este tipo de análisis forma parte del enfoque práctico desarrollado por LYSPAS & CO Solutions, cuyo objetivo es capturar valor económico sin necesidad de inversiones en activos fijos, solamente gestionando mejor lo que ya existe.

Para quienes necesiten utilizar esta información con fines de capacitación de personal, en la página web de LYSPAS encontrarán la sección de PodCast en donde podrán escuchar un diálogo interesante para la comprensión del tema Balance de masas.



CAGSA
CARLOS ALBERTO GARCIA S.A.

Planta Químicos - Sauce Viejo

- SOLVENTES ALIFATICOS
- SOLVENTES AROMATICOS
- SOLVENTES OXIGENADOS
- ALCOHOLES
- THINERS
- DILUYENTES



GAUSS **YPF agro**

www.cagsaweb.com
info@cagsaweb.com

Planta YPF Agro - Santo Tomé

- GASOIL
- LUBRICANTES
- FERTILIZANTES
- AGROQUIMICOS
- SEMILLAS
- CANJE DE GRANOS



PRENSA / OIL PRESS



**LAMINADORES
 FLAKING MILLS
 500 TPD**

ARGENTINA



NRC Sistemas & Equipamentos
 Santa Fé - Argentina
 Tel./Fax: +54 342 4524452
 E-mail: nrcardona@nrcardona.com.ar

BRASIL



Alliance Ind. Mecânica Ltda
 Av. Feodor Gurtovenco, 141
 Distrito Industrial II
 Ourinhos - SP - Cep. 19.913-520
 Tel.: +55 14 3302.5815
 E-mail: alliance@alliance.ind.br

VENEZUELA



Representações Lufran, C.A.
 Tel.: +58212 235.02.16
 Tel.: +58212 239.73.20
 Fax.: +58212 235.91.68
 E-mail: info@lufrance.com.ve



**Especialistas en splitting
y valorización de
subproductos vegetales.**



**Innovación, sustentabilidad
y compromiso productivo
desde 1982.**

En **INAGRO**, ofrecemos soluciones integrales para el sector industrial, combinando experiencia comprobada, tecnología de vanguardia y un fuerte compromiso ambiental.



Visitá nuestro sitio web
www.inagro.com.ar

Certificaciones



Nuevos servicios, más soluciones y el mismo compromiso de siempre.

Servicios

- Saneamiento Industrial.
- Gestión de Residuos No Peligrosos.
- Servicios de Transporte de Líquidos.
- Soluciones Logísticas.
- Almacenamiento de Líquidos a Granel.
- Alquiler de Bodegas Industriales.
- Servicios de Exportación.
- Servicios de Fason.



Productos

Oleína Vegetal

Aceite técnico de origen vegetal obtenido del proceso de splitting y separación controlada.

- Producción de biodiésel
- Alimentación animal
- Jabonería
- Cosmética

Fertilizante - Fertinagro Nitro

Fertilizante líquido de alta eficiencia, con nutrientes incorporados en una matriz orgánica que potencia la biomasa microbiana del suelo, asegurando liberación progresiva y estable de nutrientes durante todo el ciclo del cultivo.



Parque Industrial Alvear

Capacidad: 17,000 m³



Campana

Capacidad: 10,500 m³

Bolsa de Cereales

Buenos Aires

Corrientes 127, Piso 4º, Of. 401
(C1043AAB) | C.A.B.A.,
Buenos Aires, Argentina.

+54 11 43113089

www.inagro.com.ar

Parque Industrial Alvear

Rosario

Ruta 21 Km 286
(2126)
Santa Fe, Argentina.

+54 341 4922104 / 3104

Parque Leloir

Buenos Aires

Av. Presidente Perón 8725
(B1715EKE)
Buenos Aires, Argentina.

Campana

Buenos Aires

Camino de la Red Secundaria
Provincial 014-04, Km 4,6
Buenos Aires, Argentina.

TONSIL™

Evolución constante para resultados excepcionales en purificación

Durante décadas, TONSIL™ ha sido sinónimo de confianza y estándar de excelencia en la purificación de aceites, grasas y múltiples tipos de materias primas. Aquí, la tradición y la innovación se unen para ofrecer soluciones superiores, que cumplan con los desafíos modernos de la industria alimenticia y de biocombustibles.

Nuestras arcillas clarificantes TONSIL™ están en constante evolución, gracias al trabajo de expertos dedicados, ofreciendo estándares superiores en la remoción de impurezas y contaminantes, protegiendo sus catalizadores y maximizando sus operaciones.

Por qué elegirnos:

- Experiencia técnica excepcional con laboratorios dotados para brindar soporte técnico sobresaliente
- Amplio portafolio de productos para diferentes aplicaciones
- Línea especializada para biocombustibles
- Minería y red de producción global que permiten flexibilidad en la cadena de suministro

¡Continúa evolucionando con TONSIL™!

El estándar de excelencia en purificación.



clariant.com/oilpurification
[#partneringwithyou](https://twitter.com/partneringwithyou)

En Argentina consulte a nuestro distribuidor:

REFIL



OFERTA Y DEMANDA MUNDIAL DE LAS PRINCIPALES SEMILLAS OLEAGINOSAS

Variable	Tipo de grano	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25	2025/26 (Ago)	Part. Relativa
		En millones de toneladas					
PRODUCCIÓN	Copra	6,03	6,00	6,21	5,80	5,87	1%
	Algodón	39,62	40,33	39,48	41,05	40,44	6%
	Palmiste	18,88	19,75	19,59	20,61	21,06	3%
	Maní	52,12	49,80	49,85	52,24	51,67	7%
	Colza	76,65	89,86	89,99	85,65	89,58	13%
	Soja	360,54	378,36	396,93	423,97	426,39	62%
	Girasol	56,86	52,78	56,00	52,45	55,10	8%
	Total	610,69	636,88	658,05	681,76	690,11	
IMPORTACIONES	Copra	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	0%
	Algodón	0,99	1,37	1,19	1,15	1,08	1%
	Palmiste	0,15	0,16	0,19	0,19	0,15	0%
	Maní	3,96	4,15	4,00	4,02	4,15	2%
	Colza	13,78	20,05	18,19	19,73	17,73	8%
	Soja	154,98	168,60	178,10	178,34	185,86	88%
	Girasol	3,83	3,77	2,54	2,71	2,39	1%
	Total	177,80	198,16	204,29	206,23	211,46	
EXPORTACIONES	Copra	0,11	0,10	0,08	0,07	0,08	0%
	Algodón	1,24	1,09	1,21	1,38	1,23	1%
	Palmiste	0,05	0,06	0,09	0,12	0,05	0%
	Maní	4,43	4,83	4,79	5,14	4,92	2%
	Colza	15,00	19,82	18,67	19,60	17,95	8%
	Soja	154,43	171,76	177,81	181,75	187,44	88%
	Girasol	3,94	4,02	2,71	2,78	2,51	1%
	Total	179,21	201,68	205,36	210,84	214,17	
INDUSTRIALIZACIÓN	Copra	5,95	5,91	6,17	5,79	5,84	1%
	Algodón	30,02	30,22	31,41	31,20	30,91	5%
	Palmiste	18,72	19,76	19,45	20,46	21,00	4%
	Maní	19,70	19,06	18,44	19,23	19,27	3%
	Colza	72,06	82,11	84,50	84,22	85,11	15%
	Soja	316,69	315,60	331,01	354,67	367,71	63%
	Girasol	46,69	51,36	52,29	47,87	50,66	9%
	Total	509,83	524,02	543,26	563,42	580,49	
STOCK FINAL	Copra	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0%
	Algodón	1,53	1,46	1,60	1,47	1,59	1%
	Palmiste	0,32	0,28	0,32	0,33	0,34	0%
	Maní	4,98	4,30	4,07	4,07	4,24	3%
	Colza	7,30	10,97	11,95	9,75	9,87	7%
	Soja	93,47	101,78	115,31	125,19	124,90	87%
	Girasol	7,82	4,12	3,25	3,27	3,39	2%
	Total	115,47	122,95	136,55	144,11	144,36	

Fuente: US Department of Agriculture (USDA).

OFERTA Y DEMANDA MUNDIAL DE LOS PRINCIPALES ACEITES VEGETALES

Variable	Tipo de aceite	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25	2025/26 (Ago)	Part. Relativa
		En millones de toneladas					
PRODUCCIÓN	Coco	3,73	3,72	3,88	3,67	3,71	2%
	Algodón	4,53	4,56	4,74	4,72	4,71	2%
	Oliva	3,30	2,53	2,44	3,33	3,02	1%
	Palma	73,23	76,70	76,02	78,95	80,74	34%
	Palmiste	8,24	8,75	8,60	9,05	9,28	4%
	Maní	6,41	6,19	6,00	6,26	6,28	3%
	Colza	29,17	33,25	34,32	34,16	34,53	15%
	Soja	60,05	60,70	63,96	68,68	71,02	30%
	Girasol	19,68	21,71	22,13	20,20	21,36	9%
	Total	208,33	218,11	222,08	229,02	234,64	
IMPORTACIÓN	Coco	2,23	1,95	2,18	2,00	2,04	3%
	Algodón	0,13	0,09	0,08	0,08	0,08	0%
	Oliva	1,19	1,09	1,11	1,18	1,21	1%
	Palma	41,36	46,76	41,81	42,24	43,80	54%
	Palmiste	2,54	2,68	2,71	2,56	2,67	3%
	Maní	0,29	0,39	0,34	0,47	0,36	0%
	Colza	5,10	6,92	7,49	6,66	7,08	9%
	Soja	11,72	11,09	10,56	13,28	12,03	15%
	Girasol	9,72	12,62	13,86	11,79	12,07	15%
	Total	74,29	83,58	80,13	80,25	81,33	
EXPORTACIÓN	Coco	2,28	2,03	2,40	2,04	2,09	2%
	Algodón	0,10	0,08	0,05	0,08	0,10	0%
	Oliva	1,35	1,21	1,17	1,20	1,26	1%
	Palma	43,91	49,35	44,38	44,60	46,16	53%
	Palmiste	2,78	2,97	3,09	2,90	2,95	3%
	Maní	0,35	0,35	0,37	0,50	0,39	0%
	Colza	5,21	6,53	7,49	7,22	7,34	8%
	Soja	12,44	11,74	11,81	14,36	13,21	15%
	Girasol	11,22	14,31	15,34	13,23	13,51	16%
	Total	79,64	88,58	86,09	86,12	87,00	
CONSUMO INTERNO	Coco	3,56	3,67	3,65	3,67	3,70	2%
	Algodón	4,58	4,57	4,73	4,73	4,70	2%
	Oliva	3,02	2,58	2,51	3,07	3,00	1%
	Palma	69,32	73,75	74,54	77,44	78,30	34%
	Palmiste	8,04	8,48	8,22	8,58	8,95	4%
	Maní	6,31	6,21	6,03	6,19	6,24	3%
	Colza	30,18	32,70	34,25	33,93	34,48	15%
	Soja	59,96	59,51	62,88	67,11	70,06	31%
	Girasol	17,52	19,56	20,96	19,06	20,07	9%
	Total	202,49	211,02	217,77	223,76	229,51	
STOCK FINAL	Coco	0,91	0,89	0,90	0,86	0,83	3%
	Algodón	0,16	0,16	0,19	0,19	0,18	1%
	Oliva	0,71	0,54	0,41	0,65	0,61	2%
	Palma	16,56	16,91	15,82	14,96	15,03	51%
	Palmiste	0,96	0,94	0,94	1,08	1,12	4%
	Maní	0,36	0,39	0,33	0,38	0,40	1%
	Colza	2,52	3,44	3,51	3,18	2,96	10%
	Soja	5,32	5,86	5,70	6,18	5,96	20%
	Girasol	2,77	3,22	2,92	2,62	2,47	8%
	Total	30,27	32,35	30,71	30,10	29,56	

Fuente: US Department of Agriculture (USDA).

OFERTA Y DEMANDA MUNDIAL DE LAS PRINCIPALES HARINAS PROTEICAS

Variable	Tipo de harina	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25	2025/26 (Ago)	Part. Relativa
		En millones de toneladas					
PRODUCCIÓN	Copra	1,97	1,97	2,02	1,92	1,94	0%
	Algodón	13,83	13,93	14,45	14,43	14,24	4%
	Pescado	5,03	4,54	5,11	5,22	5,27	1%
	Palmiste	9,71	10,28	10,10	10,70	10,92	3%
	Maní	7,87	7,62	7,38	7,73	7,74	2%
	Colza	41,93	47,81	49,10	48,91	49,36	12%
	Soja	248,16	248,47	259,56	278,74	288,58	72%
	Girasol	21,22	23,05	23,26	21,21	22,54	6%
	Total	349,73	357,66	370,98	388,86	400,58	
IMPORTACIÓN	Copra	0,69	0,61	0,55	0,57	0,56	1%
	Algodón	0,29	0,20	0,19	0,21	0,20	0%
	Oliva	3,59	3,36	3,61	3,61	3,60	3%
	Palmiste	7,36	7,70	7,43	7,32	7,68	7%
	Maní	0,13	0,12	0,07	0,10	0,11	0%
	Colza	7,69	9,30	9,91	9,67	9,59	9%
	Soja	67,27	63,29	69,74	77,64	78,55	72%
	Girasol	7,34	8,55	10,07	7,85	8,80	8%
	Total	94,36	93,12	101,57	106,96	109,10	
EXPORTACIÓN	Copra	0,67	0,57	0,58	0,57	0,58	1%
	Algodón	0,48	0,30	0,30	0,31	0,30	0%
	Oliva	2,93	2,55	2,94	3,10	3,16	3%
	Palmiste	7,89	8,06	7,28	7,71	8,28	7%
	Maní	0,18	0,18	0,12	0,12	0,16	0%
	Colza	7,76	9,78	10,15	10,37	9,66	9%
	Soja	68,78	67,05	74,14	81,63	82,04	72%
	Girasol	7,84	9,16	10,22	8,54	9,22	8%
	Total	96,52	97,64	105,73	112,35	113,41	
CONSUMO INTERNO	Copra	1,99	2,01	1,95	1,94	1,91	0%
	Algodón	13,66	13,81	14,35	14,31	14,11	4%
	Oliva	5,62	5,37	5,79	5,73	5,73	1%
	Palmiste	9,37	9,95	10,30	10,16	10,36	3%
	Maní	7,82	7,57	7,33	7,70	7,69	2%
	Colza	41,65	47,57	48,69	48,19	49,19	12%
	Soja	246,02	247,05	254,69	272,18	284,35	72%
	Girasol	20,92	21,77	22,81	20,66	22,16	6%
	Total	347,04	355,10	365,91	380,87	395,50	
STOCK FINAL	Copra	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0%
	Algodón	0,10	0,11	0,10	0,11	0,15	1%
	Oliva	0,27	0,25	0,24	0,24	0,22	1%
	Palmiste	0,64	0,62	0,58	0,73	0,69	3%
	Maní	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0%
	Colza	1,28	1,49	1,25	1,38	1,44	7%
	Soja	15,99	16,46	13,35	14,32	16,99	81%
	Girasol	1,34	1,14	1,83	2,16	1,61	8%
	Total	19,81	20,21	17,46	18,86	21,10	

Fuente: US Department of Agriculture (USDA).

EVOLUCIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA MUNDIAL DE SOJA, HARINA Y ACEITE DE SOJA

En millones de toneladas

	Campaña	Stock inicial	Producción	Import.	Oferta total	Export.	Industrialización	Consumo interno	Stock final
GRANO DE SOJA	2012/13	58,06	268,92	97,13	424,11	100,41	232,08	265,39	58,31
	2013/14	58,31	283,32	113,28	454,92	112,80	243,23	278,28	63,84
	2014/15	63,84	321,44	124,36	509,64	126,44	265,26	303,89	79,31
	2015/16	79,31	316,07	134,04	529,43	132,84	275,76	316,89	79,69
	2016/17	79,72	350,81	145,00	575,52	147,74	288,38	332,16	95,63
	2017/18	95,63	343,63	154,17	593,43	153,40	295,65	340,28	99,74
	2018/19	99,74	363,45	145,92	609,12	149,22	299,13	345,65	114,25
	2019/20	114,25	341,73	165,30	621,27	165,82	312,65	360,26	95,19
	2020/21	95,19	369,63	166,21	631,03	165,18	318,18	367,18	98,67
	2021/22	98,67	360,54	154,98	614,20	154,43	316,69	366,29	93,47
	2022/23	93,47	378,36	168,60	640,43	171,76	315,60	366,89	101,78
	2023/24	101,78	396,93	178,10	676,81	177,81	331,01	383,69	115,31
	2024/25	115,31	423,97	178,34	717,62	181,75	354,67	410,68	125,19
2025/26	125,19	426,39	185,86	737,44	187,44	367,71	425,10	124,90	
HARINA DE SOJA	2012/13	11,03	182,31	54,57	247,92	58,50	232,18	178,73	10,69
	2013/14	10,69	190,59	58,49	259,77	60,86	243,33	187,17	11,74
	2014/15	11,74	208,63	61,40	281,77	64,64	265,27	202,48	14,66
	2015/16	14,66	216,34	63,35	294,34	65,85	275,77	213,75	14,73
	2016/17	14,90	226,28	61,72	302,90	65,41	288,39	222,27	15,23
	2017/18	15,23	232,78	62,89	310,90	65,80	295,66	228,93	16,18
	2018/19	16,18	234,00	63,49	313,67	68,06	299,13	230,49	15,13
	2019/20	15,13	245,31	64,28	324,72	68,24	312,65	240,44	16,05
	2020/21	16,05	249,76	65,66	331,47	69,76	318,18	245,71	16,00
	2021/22	16,00	248,16	67,27	331,44	68,78	316,69	246,02	16,64
	2022/23	16,64	248,47	63,29	328,40	67,05	315,60	247,05	14,30
	2023/24	14,30	259,56	69,74	343,60	74,14	331,01	254,69	14,76
	2024/25	14,76	278,74	77,64	371,14	81,63	354,67	272,18	17,33
2025/26	17,33	288,58	78,55	384,46	82,04	367,71	284,35	18,07	
ACEITE DE SOJA	2012/13	4,48	43,42	8,53	56,42	9,36	232,17	42,60	4,46
	2013/14	4,46	45,33	9,35	59,14	9,43	243,33	45,51	4,21
	2014/15	4,21	49,38	10,18	63,77	11,19	265,26	47,88	4,70
	2015/16	4,70	51,66	11,76	68,11	11,83	275,76	52,09	4,19
	2016/17	4,21	53,95	11,23	69,39	11,45	288,38	53,58	4,36
	2017/18	4,36	55,31	10,06	69,74	10,78	295,65	54,44	4,52
	2018/19	4,52	56,48	10,95	71,94	11,48	299,13	55,65	4,82
	2019/20	4,82	58,91	11,84	75,57	12,38	312,65	57,48	5,71
	2020/21	5,71	60,06	11,93	77,70	12,60	318,18	59,15	5,95
	2021/22	5,95	60,05	11,72	77,72	12,44	316,69	59,96	5,32
	2022/23	5,32	60,70	11,09	77,11	11,74	315,60	59,51	5,86
	2023/24	5,86	63,96	10,56	80,38	11,81	331,01	62,88	5,70
	2024/25	5,70	68,68	13,28	87,65	14,36	354,67	67,11	6,18
2025/26	6,18	71,02	12,03	89,23	13,21	367,71	70,06	5,96	

Fuente: US Department of Agriculture (USDA).



VENTILAR

s.a

VENTILACION INDUSTRIAL - INGENIERIA DE PROYECTO - MONTAJES



GENERANDO SOLUCIONES DESDE 1982

- **ASPIRACIÓN DE VAHOS**
- **ASPIRACIÓN Y FILTRADO DE POLVOS**
- **TRANSPORTES NEUMÁTICOS**
- **ASPIRACIÓN EN PLATAFORMAS VOLCADORAS/ NORIAS/ PRELIMPIEZA**
- **ADECUACIÓN DE PLANTAS DE ACOPIO DE ACUERDO A NORMAS NACIONALES, PROVINCIALES E INTERNACIONALES DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE**

VENTILAR S.A: JUAN JOSÉ PASO 7180 - 2000 ROSARIO - REPÚBLICA ARGENTINA

TEL./FAX: (54-0341) 4586212/13/14 - E-mail: ventilarsa@ventilarsa.com.ar -www.ventilarsa.com.ar

INGENIERÍA
FABRICACIÓN
MONTAJE



SOLUCIONES EFECTIVAS PARA
TRANSPORTE, LIMPIEZA
Y PROCESAMIENTO DE
MATERIALES A GRANEL

PUERTOS DE ACOPIO
PLANTAS DE ACEPIO
INDUSTRIA ACEITERA
INDUSTRIA ALIMENTICIA

Fabrimac

www.fabrimac.com.ar

- **Equipos para Limpieza de Granos y Semillas**
Cribas, Zarandas, Destoner, Multiaspiradores Neumáticos.
- **Transportes Horizontales y Verticales**
Cadenas, Helicoidales, Cangilones, Cintas Transportadoras.
- **Equipos para Procesos**
Descascaradora, Separadora de Cáscara, Molinos, Secador Enfriador.
- **Cadenas**
- **Accesorios para Cadenas y Cintas Transportadoras**
- **Componentes para Sistemas de Transporte y de Limpieza**
Mangas, Ciclones, Válvulas, Distribuidores, Etc.
- **Montaje y Asistencia Técnica**

Estos son algunos equipos de nuestra línea de producción, pero no dude en transmitirnos su necesidad.

¡Estamos para resolverla!

FABRIMAC S.A.

Av. Helguera 411

2705 Rojas · Argentina

Tel. (+54 2475) 462680 / 464215



WORLD CONGRESS ON OILS & FATS AND ISF LECTURESHIP SERIES

Rosario, Argentina · September 2025

19th Latin American Congress on Fats, Oils and Lipids

La registraci3n en cursos cortos, sesiones del Congreso y Feria, fue record hist3rico sumando m1s de 2000 asistentes.

Sobre el cierre de la presente edici3n de A&G tuvo lugar el **World Congress on Oils & Fats and ISF Lectureship Series 2025 – 19^o Congreso Latinoamericano de aceites y grasas**. La edici3n 141 de A&G va a ser una edici3n especial dedicada al Congreso para poder reflejar mediante diversos testimonios, fotos, informaciones y art3culos, la magnitud del 3xito alcanzado por esta convocatoria.

Es dif3cil poder resumir en pocas l3neas los puntos sobresalientes que contribuyeron al 3xito alcanzado, pero podemos intentar una simple enumeraci3n que desarrollaremos con m1s detalle en la pr3xima edici3n.

- 5 cursos cortos sobre crushing, refinaci3n, aplicaciones en alimentos, oxidaci3n y aspectos estructurales, brindados por referentes internacionales de cada especialidad.
- Programa acad3mico abarcando 14 ejes tem1ticos con 5 y 6 salas simult1neas en los 2 d3as del Congreso presentando la innovaciones, oportunidades y desaf3os en cada area.
- Traducci3n simult1nea por inteligencia artificial, tecnolog3a totalmente innovadora que permiti3 visualizar presentaciones subt3tuladas en la pantalla ingl3s/espa3ol, sumado a la posibilidad de ver y escuchar en cualquier idioma, las presentaciones en el celular simplemente escaneando un c3digo QR.
- Una de las m1s grandes exposiciones espec3ficas de aceites y grasas a nivel internacional, con m1s de 70 stands reu-

niendo la m1s completa oferta de proveedores de tecnolog3a e insumos de la industria de aceites y grasas.

- La presencia directa de 3 instituciones organizando sendas sesiones: La WRO (World rendering organization) que permiti3 incluir por primera vez en estos Congresos una sesi3n espec3fica de grasas animales, la SBOG (Sociedad Brasileira de Oleos e Gorduras) organizando con la colaboraci3n de ASAGA la sesi3n de biocombustibles y el CIARA (C1mara de la industria aceitera de la Rep3blica Argentina) organizando una completa sesi3n de mercados., todas ellas con gran concurrencia.
- Evaluaciones sensoriales de grasas alternativas a la manteca de cacao, aceites especiales (de s3samo y de frutos secos), y cata de aceite de oliva, conducidas por expertas internacionales en cada una de esas 1reas.
- Eventos sociales y culturales que permitieron disfrutar de una excelente oferta gastron3mica, sumada a espect1culos de alt3simo nivel, pero sobretodo brindando la posibilidad de un ambiente distendido ideal para formar y consolidar v3nculos m1s all1 del net-working.

Este Congreso alberg3 la Lectureship Series 2025 de la ISF, instituci3n con m1s de 70 a3os de antig3edad que re3ne a m1s de 20 asociaciones de diferentes pa3ses y regiones y que cuenta en su Executive Board con representantes de ASAGA (Argentina), AOF (Australia), EURO FED LIPID (Uni3n Euro-

pea), JOCS (Jap3n), MOSTA (Malasia) y OTAI (India).

El ISF Award fue otorgado a la Dra. Profesora de Dinamarca Charlotte Jacobsen y la menci3n honor3fica al Dr. Prof. Jun Ogawa de Jap3n con un procedimiento en el que intervinieron el Comit3 Cient3fico del Congreso y el Executive Board de ISF.

Este Congreso Internacional, aloj3 tambi3n al 19 Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites reanudando una serie de encuentros bianuales interrumpidos por la pandemia en 2019.

Felicitamos y agradecemos a todos los que hicieron posible este maravilloso Congreso, conferencistas, expositores, sponsors, apoyos institucionales, miembros del comit3 cient3fico, coordinadores de las sesiones, miembros del comit3 organizador, del staff de ASAGA y de todo el p3blico que desfil3 por los cursos, las sesiones y la Expo con la presencia de asistentes de m1s de 40 pa3ses. El mejor premio recibido para ASAGA que adem1s es una medida del gran 3xito alcanzado, es el sentimiento compartido por referentes regionales y globales de repetir estos encuentros presenciales.

El World Congress on oils & fats – ISF Lectureship Series 2025 – 19^o Congreso Latinoamericano de aceites y grasas es una demostraci3n en la pr1ctica de como en contextos con grandes desaf3os como los actuales podemos plasmar en la pr1ctica en nuestro 1mbito, el lema que elegimos para el Congreso: “Conocimiento y colaboraci3n para abordar las urgencias del planeta”



El auditorio atento en la apertura de los Cursos Cortos del World Congress on Oils and Fats 2025



Eduardo Dubinsky presenta la conferencia plenaria de ISF, de Marc Kellens Director Global Técnico y de Innovación de Desmet sobre Innovaciones tecnológicas en el procesamiento de aceites vegetales



Alejandro Marangoni durante su disertación en el Curso Corto sobre aspectos estructurales de los lípidos y sus aplicaciones



Lucas Cypriano durante la sesión especial de la WRO dedicada a la conversión de subproductos animales en grasas y proteínas



La Dra. Charlotte Jacobsen expone sobre las tendencias recientes en oxidación lipídica y el uso de antioxidantes en emulsiones alimentarias ricas en ácidos grasos omega-3 (PUFA)



El stand institucional de ASAGA en la feria comercial



Vista panorámica de la feria comercial del World Congress



El Centro de Convenciones Metropolitano está listo para abrir sus puertas y recibir a la comunidad global del World Congress on Oils and Fats 2025



De izquierda a derecha: Vanesa Ixtaina, María Elena Carrín, Aranzazu García Borrego y Silvana Martini



De izquierda a derecha: Octavio Aimar, Cecilia Accoroni, Cecilia Figueroa, Natalia Fernandez Baez, Laura Pereyra, Gabriel Ferreyra y Agustina Mazza



De izquierda a derecha: Ariel Lescano, gerente industrial en Molinos Agro, junto a Héctor Autino



María Eugenia Boscia, coordinadora de ASAGA, brinda palabras de bienvenida en el acto de inauguración



Show artístico a cargo de una pareja de tango argentina



De izquierda a derecha: Eduardo Dubinsky, Jun Ogawa, Charlotte Jacobsen, Vanesa Ixtaina, Virginia Gentili, Ricardo Pollak y Adrián Gómez, tras la ceremonia de premiación



Se presentaron más de 70 papers durante las sesiones científicas



Gustavo Idígoras, Presidente de CIARA comparte su visión sobre la situación actual de los mercados



Adrián Gómez, presidente de ASAGA, da inicio al World Congress 2025



Público atento en la inauguración de la ISF Lectureship Series



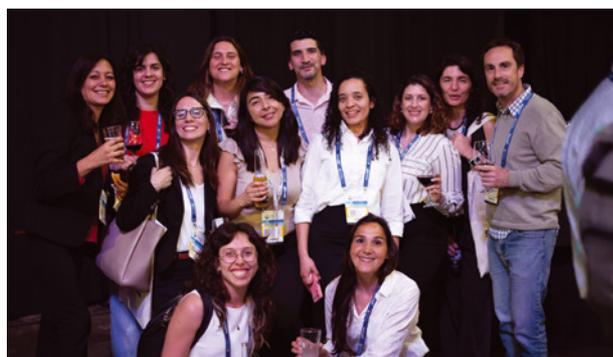
De izquierda a derecha: Eduardo Dubinsky, presidente de ISF, junto a Carlos Molina y Lucas Cypriano



Momento de la evaluación sensorial de grasas alternativas a la manteca de cacao



Encuentro distendido en el cocktail de apertura



Investigadores de CONICET junto a Vanesa Ixtaina, presidenta del Comité Científico



Sergio Feferovich brindó el cierre artístico con su show "La Música del las ideas"



La comisión directiva de ASAGA y el equipo de gestión presentes en el acto de clausura del congreso

En **AXION** 
QUÍMICOS energy

impulsamos tu industria con
servicio y soluciones destacadas.

Descubrí nuestro compromiso en la fabricación
de solventes alifáticos de primera calidad para las
industrias aceiteras, pintureras y mucho más.

Conoce nuestra línea de grasas, aceites y lubricantes
Castrol diseñadas especialmente para la industria.



castrol.com.ar | ingenierialiquida.castrolargentina.com.ar/castrol
axionenergy.com

AXION 
energy

 **Castrol**

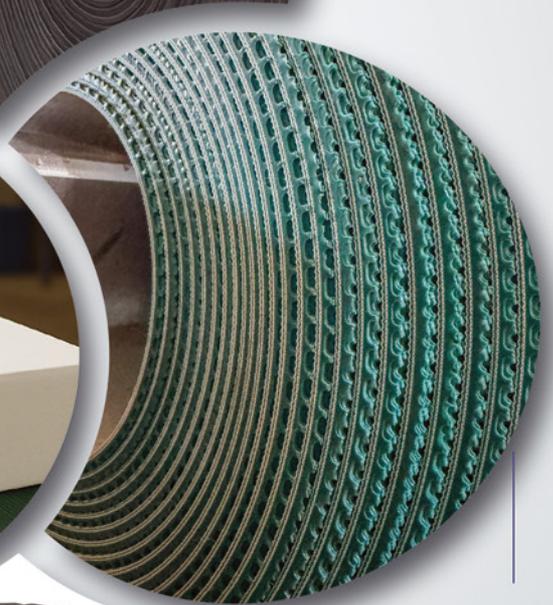


CONFIABILIDAD Y CALIDAD EN CORREAS
Y CINTAS TRANSPORTADORAS

CORREAS



CINTAS
TRANSPORTADORAS



BANDAS
LIVIANAS



SERVICIO DE
VULCANIZADO EN CINTAS



MANGUERAS HIDRÁULICAS
E INDUSTRIALES

WWW.FEMOS.COM.AR
CONTACTO@FEMOS.COM.AR
SANTA FE 4671 - ROSARIO, SANTA FE
TEL: +54341 4307850/4376380



PUERTO FEMOS CUENTA CON MÁS DE 28 AÑOS DE TRAYECTORIA EN EL MERCADO, TRABAJANDO CON PRODUCTOS DE MARCAS LÍDERES Y OFRECIENDO SIEMPRE CALIDAD, PRECIOS COMPETITIVOS Y ASESORAMIENTO PROFESIONAL CON PERSONAL CALIFICADO.

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, LA EMPRESA HA AMPLIADO SU PROPUESTA INCORPORANDO MAQUINARIA Y SERVICIOS ESPECIALIZADOS, SUMADO A UN AMPLIO STOCK DE CORREAS INDUSTRIALES, CON EL OBJETIVO DE ESTAR SIEMPRE A LA ALTURA DE LAS NECESIDADES DE NUESTROS CLIENTES.

ALTA FRECUENCIA



PRENSA VULCANIZADORA DE PVC



MÁQUINA DE CORTE CINTA PESADA



PRENSA VULCANIZADORA DE CAUCHO



Bombas Dosificadoras para la Industria

Desinfección
Ajuste de PH
Dosificación de químicos
Limpieza en sitio
Coagulación
Precipitación/Floculación
Filtrado
Osmosis Inversa



Las bombas dosificadoras son una parte importante en procesos de dosificación industrial y tratamiento de agua. Los requisitos estrictos de estas aplicaciones exigen que los productos químicos se dosifiquen con precisión para evitar sobredosis, derrames y aumento de costos.

Las bombas deben ser resistentes, confiables, pero aún así fáciles de usar, para obtener confiabilidad y procesos seguros, especialmente cuando se trata de productos químicos peligrosos.

Las bombas deben ser energéticamente eficientes y requerir servicio y mantenimiento mínimos, para controlar el funcionamiento y costos, sobre todo si necesita manejar muchas instalaciones diferentes.

La Línea Smart Digital de Grundfos ofrece soluciones en dosificaciones para todos los negocios.

www.asven.com.ar

Juan Jose Paso 7410

Rosario Santa Fe Argentina

Tels (+54 341) 8361388

asven@asven.com.ar

Asven

GRUNDFOS 
AUTHORISED
SERVICE PARTNER

GRUNDFOS 
AUTHORISED
DISTRIBUTOR



Grasas y aceites en alimentos de mascotas



AUTOR: LIC. CARLOS BACAL

Technical Service Manager Latin America, Kemin Nutrisurance Inc.

Trabajo original preparado especialmente para A&G.

Resumen / Abstract

La materia grasa es un componente vital en los alimentos de mascotas. Proveen energía, bienestar, palatabilidad y nutrientes esenciales. La oxidación de esta materia es uno de los riesgos mayores debido a la extendida vida útil requerida para los alimentos de mascotas. Asimismo, riesgos microbiológicos afectan a este segmento de alimentos, porque la materia grasa se suele aplicar después de los tratamientos térmicos mitigantes. La acidez y el título también afectan la palatabilidad de los alimentos de mascotas.

Fat content is a critical component in pet food formulations, contributing to energy supply, overall well-being, palatability, and the delivery of essential nutrients. However, its susceptibility to oxidation poses a significant challenge, particularly given the extended shelf life demanded by commercial pet food products. Microbiological risks also arise, as fats are typically added post-thermal processing, bypassing key mitigation steps. Additionally, factors such as acidity and acid value (titer) can negatively influence the sensory appeal and acceptance of pet food by animals.

Palabras claves / Key words

Materia grasa; alimentos para mascotas; oxidación; vida útil; riesgos microbiológicos; palatabilidad.

Fat content; Pet food; Oxidation; Shelf life; Microbiological risks; Palatability.

• Introducción

El material graso es un componente esencial de la dieta de mascotas. A continuación, se detallan sus funciones.

- Proporcionar energía.
- Ayudar en la absorción de vitaminas liposolubles.
- Modular la inflamación.
- Actuar como precursor en la síntesis de eicosanoides y prostaglandinas.
- Desempeñar funciones estructurales como componentes de las membranas celulares.
- Promover un crecimiento y un desarrollo saludables.

- Mejorar la salud de la piel y pelaje^[1].
- Influir en la palatabilidad
- Dar integridad y cohesión al alimento.

Estas funciones se han vuelto aún más relevantes, pues, en la actualidad, las mascotas reciben este tipo de alimentación en modo cautivo y por períodos muy extensos.

Las grasas se suelen agregar en la cobertura de los alimentos, no solo por sus características intrínsecas sino también por sus propiedades funcionales y estéticas.

La vida útil comercial requerida para

los alimentos de mascotas es muy exigente y extendida si se la compara con la de los alimentos para humanos. Como el deterioro de las grasas y los aceites influyen en la palatabilidad y en el valor nutritivo de estos productos, la estabilización adecuada de las grasas y aceites resulta primordial.

Las tendencias modernas en la formulación de alimento de mascotas, que incorpora grasas insaturadas, conllevan nuevos desafíos relativos a la estabilidad de estos ingredientes.

Por otra parte, la tendencia a la humanización de las mascotas se traslada a

los alimentos para mascotas, así se les incorporan ingredientes considerados beneficiosos para los humanos.

Históricamente, la producción de alimento para mascotas comenzó en el siglo XX y su composición derivaba de los alimentos comunes para animales. Luego de la Segunda Guerra Mundial su comercialización se expandió considerablemente.

Inicialmente eran alimentos húmedos, esterilizados y enlatados que consistían en subproductos tanto de la pesca como de la faena de animales para consumo humano. Además, esta producción permitía aprovechar los tiempos libres que dejaban las empacadoras entre temporadas de pesca.

En esos tiempos, las mascotas eran animales de compañía que habitaban patios, chacras y jardines. Además, solían ser animales que cumplían funciones como animales de trabajo (pastoreo, caza o vigilancia) y su alimentación se realizaba “casa afuera”.

Los conocimientos sobre nutrición animal eran bastante elementales y derivaban de la alimentación animal. Entonces, las tecnologías de su producción provenían de las utilizadas en alimentación animal: productos paletizados, escamados, en hojuelas o húmedos enlatados.

Estas tecnologías hacían que el alimento de mascotas fuera dependiente de almidones precocidos como descarte de galletas, harinas de carne y cocidos de verduras. A mediados del siglo XX, irrumpe la extrusión, que resulta eficiente en la cocción y la expansión de los almidones. Esto permitió desarrollar el

mercado del alimento de mascotas con productos más digestibles y económicos.

La expansión que produce la extrusión en la croqueta permite agregar materia grasa y palatabilizantes en la etapa de cobertura. Estos agregados de materia grasa a las croquetas extruidas varían del 1% al 12% y su aplicación no conlleva grandes complicaciones.

• Desarrollo

Materia grasa en alimentos de mascotas

Desde 2013, la *Association of American Feed Control officials Inc* (AAFCO) establece las siguientes recomendaciones en base seca para alimentos de mascotas.

- **Perros.** Dietas de crecimiento y reproducción: incluir como mínimo un 8% de grasa cruda calculada en base seca. Dietas de mantenimiento para animales adultos: incluir un mínimo de 5% de grasa cruda en base seca. Además, ambos tipos de dieta deben contener un 1% de ácido linoleico.
- **Gatos.** Dietas de crecimiento, reproducción y mantenimiento de adultos: incluir un mínimo de 9% de grasa, en base seca. Un mínimo de 0,5% de ácido linoléico y un mínimo de 0,02% de ácido araquidónico, todos en base seca^[2].

Tipos de materia grasa para alimentos de mascotas

La AAFCO indica que la mención “grasa de utilización para alimentación animal” (Feed Grade) requiere que la

seguridad del tipo específico de grasa sea adecuadamente testeada para el propósito de alimentación buscado.

Si fueran mezclas de grasas, deben identificarse por listado de cada componente, por ejemplo, “grasa animal y aceite vegetal hidrolizado”.

Las grasas y derivados grasos deben provenir de fuentes aceptables. Por ejemplo, las grasas provenientes de tratamiento de aguas de desperdicio no son aceptables para alimentación animal^[2].

Además, la AAFCO define en modo amplio las grasas que se pueden utilizar en alimentación animal. Pueden utilizarse tanto grasas de origen animal como vegetal y sus derivados tecnológicos, incluidos destilados de ácidos grasos.

Ácidos grasos esenciales en alimentos de mascotas

Los perros y los gatos necesitan ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la dieta porque no pueden producir estos ácidos grasos esenciales por sí solos^[1]. Los ácidos grasos esenciales y sus fórmulas numéricas se enumeran en la Tabla 1.

Los **ácidos grasos esenciales omega-6** son el ácido linoleico (AL), que contiene 18 carbonos con dos dobles enlaces [18:2] y el ácido araquidónico (AA, [20:4]). El AL es esencial tanto para perros como para gatos, mientras que el AA sólo lo es para los gatos. Los gatos requieren AA debido a la falta de delta-6 desaturasa, una enzima necesaria para la conversión endógena del AL en el ácido graso AA, más largo e insaturado^[3].

Es importante tener en cuenta que estos ácidos grasos omega-6 no se pueden producir endógenamente en cantidades suficientes. Deben incluirse en la dieta para prevenir deficiencias causantes de anomalías en la piel y el pelaje, problemas reproductivos y retraso del crecimiento^[1].

Tabla 1 - Ácidos grasos esenciales con fórmula numérica

Nombre común	Fórmula Numérica	Localización del primer doble enlace
Ácido Linoleico (LA)	18:02	Omega 6
Ácido Linolénico (ALA)	18:03	Omega 3
Araquidónico (AA)	20:04	Omega 6
Eicosapentanoico (EPA)	20:05	Omega 3
Docosahexanoico (DHA)	22:06	Omega 3

Los **ácidos grasos esenciales omega-3** son el ácido alfa-linolénico (ALA, [18:3]), el ácido eicosapentaenoico (EPA, [20:5]) y el ácido docosahexaenoico (DHA, [22:6]). El EPA y el DHA se encuentran principalmente en fuentes marinas, como el aceite de pescado, el fitoplancton y otras algas marinas.

Como resultado de la deficiente conversión de ALA a EPA y DHA^[4-7], el *National Research Council* (NRC) establece los requerimientos dietéticos de EPA y DHA tanto para perros como para gatos^[8]. Sin embargo, los requerimientos varían según la etapa de la vida; por ejemplo, los cachorros y gatitos en crecimiento requieren más DHA que los perros y gatos adultos. La deficiencia en ácidos grasos omega-3 puede provocar anomalías neurológicas como disminución de la agudeza visual^[1].

Requisitos dietéticos

Se recomienda que todos los alimentos para mascotas aporten ácidos grasos esenciales omega-6 y omega-3. El NRC publica los requisitos mínimos de grasa total, LA, ALA (excepto para gatos adultos), EPA + DHA y AA. Asimismo, los requisitos mínimos de concentración de grasa cruda, LA, ALA, AA (solo para gatos) y EPA + DHA en los alimentos para mascotas se detallan en los perfiles nutricionales de la AAFCO^[2, 8]. Estos requisitos mínimos se detallan en la Tabla 2.

Fuentes de ácidos grasos esenciales

Las fuentes de LA y ALA son aceites vegetales, como los de maíz, soja, canola y linaza. El AA se encuentra típicamente en la grasa animal, con poca o ninguna presencia en aceites vegetales y semillas^[1].

Desde 2016, el EPA y el DHA se describen en los perfiles nutricionales de la AAFCO para el crecimiento y la reproducción, y el NRC los clasifica como

esenciales. Por ello, muchos alimentos para mascotas contienen fuentes de EPA y DHA, principalmente, aceite de pescado.

Los aceites comunes utilizados en alimentos para mascotas y su contenido en ácidos grasos saturados y esenciales se pueden consultar en la Tabla 3.

Suplementación y dosificación de aceite de pescado

El aceite de pescado es un suplemento común en alimentos para perros y gatos que se añade a muchos alimentos para mascotas. Algunos fabricantes lo complementan con aceite de linaza, una fuente rica en ALA. Sin embargo, la tasa de conversión de ALA a EPA es muy baja en perros, y la producción de AA y

EPA a partir de LA y ALA, respectivamente, es prácticamente nula en gatos, debido a la baja actividad de la enzima delta-6 desaturasa^[3, 4, 6].

El NRC^[1] ha establecido una ingesta adecuada y una cantidad recomendada de EPA + DHA para todas las etapas de la vida de perros y gatos. Además, se ha establecido un límite máximo seguro de 2,8 g de EPA + DHA por cada 1000 kcal para cachorros, perros adultos y perros reproductores. No se ha publicado un límite máximo seguro para gatos en ninguna etapa de su vida^[8].

Desafíos de la materia grasa en el alimento de mascotas

La literatura abunda en la importancia de suministrar materia grasa de baja ranci-

Tabla 2 - Requerimientos mínimos de ácidos Grasos Esenciales en gramos cada 1000 kcal

	Perros Crecimiento	Perros Adultos Mantenimiento	Gatos Crecimiento	Gatos Adultos Mantenimiento
Grasa Total				
NRC RA	21.3	13.8	22.5	22.5
AAFCO	21.3	13.8	22.5	22.5
Ácido Linoleico				
NRC RA	3.3	2.8	1.4	1.4
AAFCO	3.3	2.8	1.4	1.4
Ácido araquidónico				
NRC RA	0.08	ND	0.05	0.015
AAFCO	ND	ND	0.05*	0.05*
Ácido Alfa Linolénico				
NRC RA	0.2	0.11	0.05	ND
AAFCO	0.2	ND	0.05	ND
Ácido Eicosapentaenoico + Ácido Docosahexaenoico (EPA+DHA)				
NRC RA	0.13	0.11	0.025	0.025
AAFCO	0.1	ND	0.03	ND

ND: no determinado ; RA Recomendación
* corregido luego de la publicación original por AAFCO

Tabla 3 - Aceites comunes utilizados en alimentos para mascotas y contenido de ácidos grasos (gramos/100 g)*

	Ac. Grasos Saturados (total)	LA 18:2 n-6	ALA 18:3 n-3	AA 20:4	EPA 20:5 n-3	DHA 22:6 n-3
Aceite de maíz	12.948	53.23	1.161	0	0	0
Aceite de canola	7.365	18.64	9.137	0	0	0
Aceite de lino	8.976	14.246	53.368	0	0	0
Aceite de pescado arenque	30.427	2.154b	1.490c	1.169	13.168	8.592

a. USDA Food composition Database. Nbd.nal.usda.gov
b. 18:2 no diferenciado. 18:3 no diferenciado n-3=omega 3, n-6=omega 6

dez a los animales. Con respecto al deterioro de los alimentos, la rancidez tal vez sea el mayor desafío a resolver en los productos para mascotas^[7-9].

La cadena de comercialización de alimentos de mascotas requiere una vida de estante muy extendida. Usualmente debe ser mayor a seis meses, generalmente, a un año y tiende a requerir 18 meses. Por lo tanto, en el momento de la elaboración del alimento, los ingredientes deben ser frescos, estables y mostrar una estabilización eficaz^[20].

Por lo general, la materia grasa se adiciona al alimento en una etapa posterior a la conformación de la croqueta. Esto evita el stress oxidativo de una parte de la materia grasa pues esta ya no pasa por los procesos de extrusión y secado^[10].

La tecnología de extrusión admite cierta presencia de materia grasa en la masa sometida al proceso^[10]. Es la grasa contenida en los cereales que se utilizan en la fórmula y que proveen la expansión. Esta materia grasa debe ser protegida para pasar este proceso. Para ello se prescribe una cantidad de antioxidante de proceso en la formulación. Los mayores desafíos para la materia grasa del alimento de mascotas son la complejidad de la masa extruida y la larga vida de estante requerida por la cadena comercial.

La materia grasa que se agrega en la etapa de cobertura debe ser adecuadamente estabilizada con antioxidantes. Esta materia grasa es la de mayor exposición al aire durante la vida de estante del producto terminado. El material de empaque del alimento de mascotas, en términos generales, no lleva atmósfera controlada aún.

En conclusión, el riesgo de mayor impacto en el alimento durante la vida de estante es el oxidativo. Por lo tanto, la protección antioxidante debe ser prevista en el diseño del alimento. Usualmente, la mayor proporción de antioxidante se

vehiculiza vía la materia grasa que se agrega en la cobertura del alimento de mascotas.

Impacto de la oxidación en alimento de mascotas

El proceso oxidativo de la materia grasa de los alimentos de mascotas es similar al derrotero de la mayoría de las grasas, en lo relativo a la oxidación, y su mecanismo es por acción de radicales libres. La consecuencia de la oxidación es la generación de compuestos oxidados, que llamamos rancidez^[10].

La literatura es abundante con respecto a la inconveniencia de utilizar grasas rancias o administrar productos oxidados a animales^[11, 18, 19].

Aparte del impacto de la rancidez en el valor nutritivo y en la seguridad alimentaria de los alimentos, en particular, tiene un alto impacto en alimento de mascotas por su efecto en la palatabilidad.

La administración tópica de los compuestos producidos por la oxidación a un alimento de mascotas redujo drásticamente la palatabilidad de dietas expresadas en relación de consumo (IR).

El valor de los peróxidos de grasas debe ser el mínimo posible. Actualmente la industria de los alimentos de mascotas buscan un valor inferior a 5 meq/kg de grasa. Asimismo, los valores de aldehídos, hexanal + decadienal deben ser inferiores a 10 ppm.

En un experimento realizado con dieta control y ensayo con agregado de 2,4 decadienal y Hexanal, en fórmula tópica, y ofrecido a test versus a panel de perros, mostraron pérdidas de palatabilidad.

Este ensayo se realizó con cantidades incrementales de los compuestos oxidados, y se comprobó el efecto negativo en palatabilidad medida que los compuestos de oxidación secundaria se incrementaban (Ver Figura 1).

Acidez de la materia grasa en alimentos de mascotas

Si bien las mascotas toleran valores relativamente elevados de acidez de la grasa, es preferible que estos sean acotados y de baja acidez.

La acidez de la materia grasa puede indicar un origen de materia prima deficiente o un proceso descuidado. Además, la acidez es un vector de rancidez^[12].

Los aromas de los ácidos grasos libres no siempre resultan agradables al olfato humano y pueden ser un factor negativo en la aceptación del producto por parte de los dueños de las mascotas.

Ensayos realizados por Kemin Nutrisurance Inc indicaron que habría preferencias por una acidez oleica máxima de 3-5% para perros y gatos^[13].

Seguridad alimentaria y materia grasa

La mayor parte de la materia grasa se agrega al alimento extruido en la etapa final de elaboración de las croquetas. Es decir que la materia grasa se incorpora al alimento sin pasar por un proceso térmico. Por lo tanto, es un ingrediente que debe ser monitoreado en términos de seguridad alimentaria porque no debe ser vehículo de agentes patógenos^[14].

Dada su baja actividad acuosa, difícilmente las grasas y aceites constituyan un medio de crecimiento bacteriano. Sin embargo, pueden ser portadores de contaminantes provenientes de la cadena de transporte (camiones, cisternas, tanques de almacenamiento, etc.)^[15].

La literatura muestra que contaminantes bacterianos conservaban viabilidad aún después de varios días en materia grasa^[16].

Por otra parte, los aceites y las grasas pueden ser vehículo de micotoxinas; por lo tanto, su origen y custodia deben ser

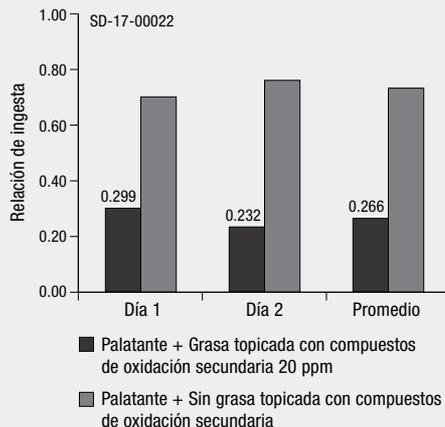
a) Agregado de 20 ppm de compuestos oxidados , 2,4 Decadienal y hexanal

Variable A

- 2.0% PALASURANCE® Palatante
- 6.5% Grasa de pollo con 3000 ppm Antioxidante natural + 20 ppm de productos de oxidación secundaria

Variable B

- 2.0% PALASURANCE® Palatante
- 6.5% Grasa de pollo con 3000 ppm Antioxidante natural



Resultados		
Análisis	A	B
2,4-Decadienal (ppm)	11	6
Hexanal (ppm)	5	3
Índice de Peróxido (mEq/kg)	0.47	0.51

Promedio IR-A = 0.266
p= 0.00340

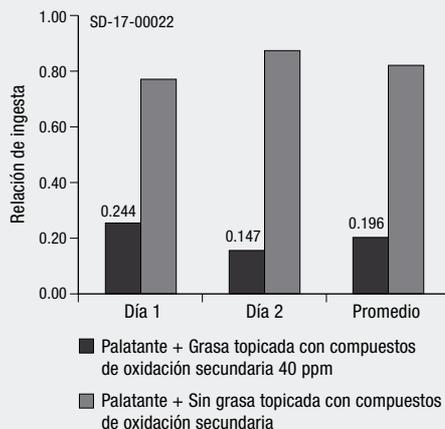
b) Agregado de 40 ppm de compuestos oxidados , 2,4 Decadienal y hexanal

Variable A

- 2.0% PALASURANCE® Palatante
- 6.5% Grasa de pollo con 3000 ppm Antioxidante natural + 40 ppm de productos de oxidación secundaria

Variable B

- 2.0% PALASURANCE® Palatante
- 6.5% Grasa de pollo con 3000 ppm Antioxidante natural



Resultados		
Análisis	A	B
2,4-Decadienal (ppm)	17	6
Hexanal (ppm)	6	3
Índice de Peróxido (mEq/kg)	0.52	0.51

Promedio IR-A = 0.196
p= 1.36E-08

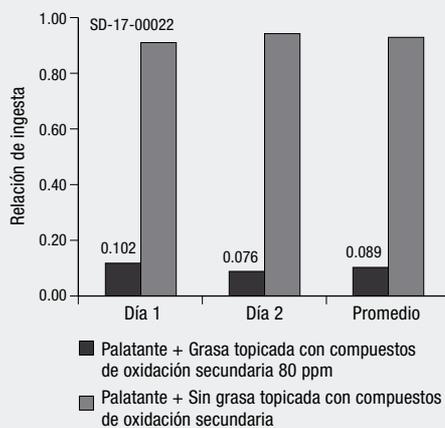
c) Agregado de 80 ppm de compuestos oxidados , 2,4 Decadienal y hexanal

Variable A

- 2.0% PALASURANCE® Palatante
- 6.5% Grasa de pollo con 3000 ppm Antioxidante natural + 80 ppm de productos de oxidación secundaria

Variable B

- 2.0% PALASURANCE® Palatante
- 6.5% Grasa de pollo con 3000 ppm Antioxidante natural



Resultados		
Análisis	A	B
2,4-Decadienal (ppm)	30	6
Hexanal (ppm)	12	3
Índice de Peróxido (mEq/kg)	0.49	0.52

Promedio IR-A = 0.089
p= 1.10E-14

Figura 1 - La dietas control y adicionadas tópicamente con 2,4 Decadienal y hexanal en cantidades de 20, 40, 80 ppm y sometidas a test versus de palatabilidad con animales. (Kemin Nutrisurance Inc. CLS Project #17N002234, 17N002235, 17N002236, 17N002237)

observados^[15]. Existen métodos rápidos de detección de micotoxinas para asegurar la inocuidad del ingrediente^[16].

Punto de fusión y título de la materia grasa para alimento de mascotas

El punto de fusión de las grasas tiene impacto en la palatabilidad de los alimentos. Las grasas con puntos de fusión más bajos tienden a ser más agradables al paladar, ya que se funden a temperaturas más bajas y liberan sabores y aromas más fácilmente. Por su parte, las grasas con puntos de fusión más altos pueden resultar menos apetecibles, especialmente si se consumen a temperaturas más bajas, ya que pueden percibirse como duras o cerosas.

La elección de la materia grasa contempla las propiedades funcionales deseables del producto.

Los aceites agregados (grasas líquidas a temperatura ambiente) suelen manchar los envases de papel, haciendo menos

atractivo el producto. Los envases plásticos han solucionado este inconveniente y vemos en la actualidad una amplia variedad de materia grasas utilizadas en los alimentos de mascotas.

Las grasas muy duras (títulos superiores a 45 °C) no son muy palatables^[17]. Los títulos intermedios (30 °C-41 °C) suelen ser los elegidos.

En este último rango se encuentran los sebos de pollo, las grasas de cerdo y los sebos vacunos.

El nivel y el tipo de grasa son de los mayores contribuyentes a la sensación en boca de un alimento. En la industria de alimentos para mascotas, la grasa de aves de corral es la más utilizada, pero el sebo de res, los aceites de canola, girasol, coco y pescado también se utilizan como componentes internos o como recubrimientos. La grasa de alta calidad puede mejorar la palatabilidad, tanto por sí sola como junto con palatantes, que la industria incorpora en la etapa final de elaboración de las croquetas.

Para los perros, generalmente se prefieren las grasas de origen animal a los aceites vegetales. Por su parte, los gatos parecen tener preferencias amplias por las grasas animales y vegetales como el aceite de canola. Estos resultados son sorprendentes porque los gatos son carnívoros obligados. La falta de preferencia podría deberse a la textura, pero dado que este es solo un factor entre otros como el aroma y el sabor, es difícil definir cuál es la fuerza impulsora detrás de estos resultados^[17].

• Conclusiones

La industria de alimentos de mascotas requiere de material graso por diversos motivos, entre ellos, el valor energético, el valor nutricional y la palatabilidad.

La calidad de las grasas es fundamental en estos productos porque la estabilidad del alimento para mascotas es un requerimiento comercial de extremo desafío.

Diversos tipos de materia grasa son de uso habitual en alimentos de mascotas. Por consiguiente, cada tipo de materia grasa utilizada requiere su análisis estratégico.

La estabilidad de las grasas resulta de suma importancia para la aceptación y estabilidad del alimento de mascotas.

• Referencias

Las Referencias Bibliográficas correspondientes al presente artículo pueden ser consultadas en el Anexo Referencias Bibliográficas ubicado al final de la versión A&G Digital de la Edición 140. Lo invitamos a acceder a nuestra publicación online en el siguiente enlace: www.asaga.org.ar/ag-digital ■

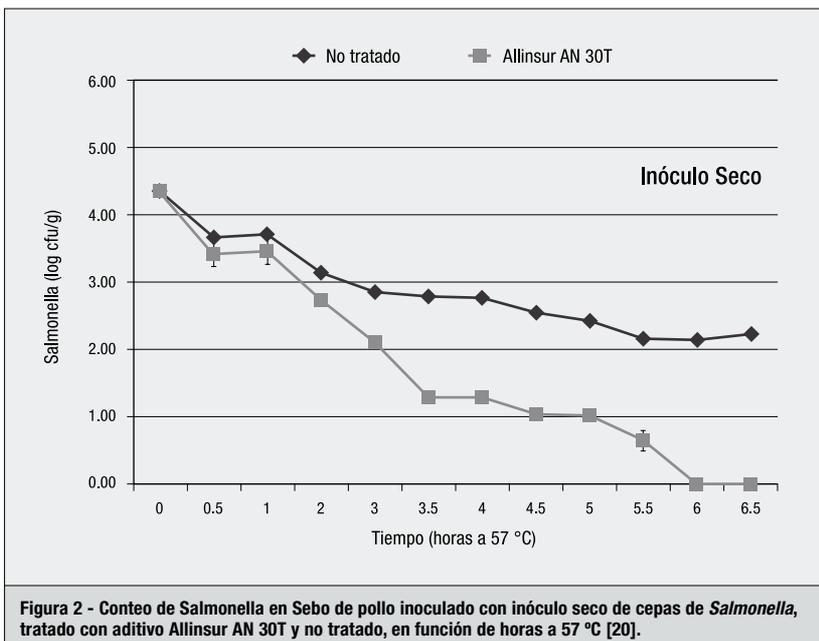


Figura 2 - Conteo de Salmonella en Sebo de pollo inoculado con inóculo seco de cepas de Salmonella, tratado con aditivo Allinsur AN 30T y no tratado, en función de horas a 57 °C [20].

El efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la composición de ácidos grasos y la capacidad de oxidación de las distintas clases y tipos de alimentos para canes



AUTOR: KANBER KARA

Facultad de Medicina Veterinaria, Departamento de Nutrición Animal y Enfermedades Nutricionales, Erciyes University, Kayseri, Turquía.

Material extraído del Italian *Journal of Animal Science* y publicado con autorización de sus editores.

Resumen / Abstract

El objetivo del presente estudio fue la determinación de los cambios en el perfil de ácidos grasos, los parámetros de oxidación [el índice de peróxidos (IP), y el malondialdehído (MDA)] de los alimentos comerciales para canes de tipos húmedo y seco de las clases premium (CP) y económica (CE) a distintas temperaturas (+4 °C, +21 °C, +40 °C) y en distintos períodos de almacenamiento (1, 3, 6 y 12 meses). Al momento de la adquisición, las concentraciones de IP y MDA de los alimentos de tipo seco eran inferiores que las de los alimentos de tipo húmedo ($p < .001$). Al momento de la adquisición, las concentraciones de MDA en los alimentos para canes de tipo húmedo de CE fueron más elevadas que las de los alimentos para canes de tipo húmedo de CP ($p < .05$). Al momento de la adquisición, los contenidos de ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido oleico en los alimentos para canes de CP eran más elevados que los de los alimentos para canes de CE ($p < .05$). Las concentraciones de MDA e IP de los alimentos para canes aumentaron con el avance de los períodos de almacenamiento a temperaturas crecientes ($p < .05$). En el doceavo mes de almacenamiento, los contenidos de ácidos eicosapentaenoico (EPA) + DHA se redujeron hasta un 13 % en los alimentos para canes de CP y hasta 50 % en los alimentos para canes de CE. Los contenidos de EPA + DHA se redujeron hasta un 33 % en los tipos secos y hasta un 36 % en los tipos húmedos de los alimentos para canes. Como resultado, todas las clases y los tipos de alimentos para canes, que fueron almacenados a +4 °C, +21 °C o +40 °C por hasta 3 meses, no exhibieron cambios

The objective of this study was to determine changes in the fatty acid profile and oxidation parameters (peroxide value (PV) and malondialdehyde (MDA)) of commercial wet and dry dog foods of premium (CP) and economy (CE) classes at different storage temperatures (+4 °C, +21 °C, +40 °C) and at different storage periods (1, 3, 6, and 12 months). At the time of purchase, the PI and MDA concentrations of dry foods were lower than those of wet foods ($p < .001$). At the time of purchase, MDA concentrations in EC wet dog food were higher than those in CP wet dog food ($p < .05$). At the time of purchase, the docosahexaenoic acid (DHA) and oleic acid contents in CP dog foods were higher than those in CE dog foods ($p < .05$). The MDA and IP concentrations of dog foods increased with advancing storage periods at increasing temperatures ($p < .05$). At the time of acquisition, the docosahexaenoic acid (DHA) and oleic acid contents in CP dog foods were higher than those in CE dog foods ($p < .05$). The MDA and IP concentrations of dog foods increased with advancing storage periods at increasing temperatures ($p < .05$). At 12 months of storage, the eicosapentaenoic acid (EPA) + DHA contents decreased by up to 13% in CP dog food and up to 50% in CE dog food. The EPA + DHA contents decreased by up to 33% in dry types and up to 36% in wet types of dog food. As a result, all classes and types of dog food, which were stored at +4°C, +21°C, or +40°C for up to 3 months, showed no significant changes in PI, but storage for up to

significativos en el IP, pero se podría recomendar un almacenamiento de hasta 12 meses a +4 °C para preservar la capacidad oxidativa existente y el perfil de ácidos grasos esenciales.

12 months at +4°C could be recommended to preserve the existing oxidative capacity and essential fatty acid profile.

Palabras claves / Key words

Alimentos para canes; Condiciones de almacenamiento; Composición de ácidos grasos; Peroxidación lipídica; Índice de peróxidos (IP); Malondialdehído (MDA).

Dog food; Stocking conditions; Fatty acid composition; Lipid peroxidation; Peroxide value (PV); Malondialdehyde (MDA).

...

- Al momento de la adquisición, las concentraciones de IP y MDA de los alimentos para canes de tipo seco eran inferiores que las de los alimentos para canes de tipo húmedo.
- Los contenidos de ácidos α -linolénico y linoleico en los alimentos de tipos secos de CE con hasta 12 meses de almacenamiento estuvieron por debajo de los límites mínimos para los alimentos para canes según lo recomendado por las autoridades internacionales.
- El almacenamiento de alimentos para canes a +40 °C por hasta 3 meses, no tuvo un efecto significativo sobre la peroxidación lipídica, pero se podría recomendar para un almacenamiento de hasta 12 meses a +4 °C.

• Introducción

Los dueños de canes seleccionan el alimento que sea más ideal para satisfacer los requisitos óptimos de nutrientes y energía de sus mascotas como también para mantenerlas saludables por un largo tiempo. Algunos de los términos utilizados en las etiquetas de los alimentos comerciales para canes y gatos podrían afectar la selección del alimento para mascotas por parte del dueño de la mascota. Los alimentos comerciales para canes se clasifican en premium (CP), económicos (CE), genéricos y de nutrición básica (Heinze 2016). Los dueños de mascotas prefieren los alimentos para mascotas premium, inclusive cuando su precio es mayor. Según el NRC (2006) en los alimentos de “marcas de nutrición básica” y en los “económicos” se declara que los canes satisfacen en gran medida sus necesidades de energía, proteína y otros nutrientes esenciales. Sin embargo, el término alimento para mascotas premium ha surgido a partir de la presencia de proteína y grasa animal, aceite de pescado y otros

nutrientes esenciales en alimentos que están muy por encima de los requisitos mínimos. Los alimentos de CP generalmente se ofrecen para su venta con altos precios y una calidad por encima del promedio (Kara 2020a). Los niveles de grasa en los alimentos para canes oscilan entre 5 y 40 % (Glodde *et al.* 2018). Los canes alimentados con un alimento con niveles de proteína ideales pueden tolerar altos niveles de grasa (FEDIAF *et al.* 2020). Las grasas/aceites en alimentos para canes proviene de animales, vegetales o ambos (Kara 2020a). Los ácidos grasos, como el ácido linoleico (C18:2, ω -6), el ácido araquidónico, el ácido α -linolénico, el EPA y el DHA en canes y gatos se utilizan como precursores de leucotrienos, prostaglandinas y tromboxano. Tienen actividades en la coagulación sanguínea, la protección de las membranas biológicas, el sistema nervioso y la visión. Aunque el mecanismo no se puede explicar por completo, los ácidos grasos poliinsaturados (los PUFA) también tienen propiedades de protección celular contra las lesiones y la degene-

ración epitelial (Walters *et al.* 2010). En los canes, el ácido araquidónico se produce en los organismos por elongación y desaturación del ácido linoleico (Buff *et al.*, 2014). Se informó que los niveles mínimos de ácido linoleico ω -6 son 1,3 g en 100 g de alimento (materia seca: MS) durante el período de crecimiento. Estos niveles mínimos de ácidos grasos en alimentos para canes son al menos de 0,08 g para el ácido α -linolénico ω -3 (C18:3) y de 0,05 g para el EPA (C20:5, ω -3) + DHA (C22:6, ω -3) en 100 g de MS (NRC, 2006; FEDIAF, 2020). Los ácidos grasos en los alimentos para canes y los ácidos grasos esenciales se equilibran con los aceites de pescado o vegetales. En un estudio, se descubrió que la adición de ácido linoleico conjugado y DHA + EPA puede causar una mayor oxidación de los alimentos para canes (Walters *et al.* 2010). En otro estudio, se informó que los alimentos para canes que contienen lípidos oxidados inhibieron el crecimiento, deterioraron su condición antioxidante, y debilitaron algunas funciones inmunes de los canes en el período de crecimiento (Turek *et al.* 2003).

La capacidad de un alimento para mascotas comercial para mantener la calidad nutricional y el sabor óptimo depende de las condiciones de almacenamiento. Aunque hay una diferencia entre los alimentos para canes respecto de su vida útil, la vida útil de los alimentos extruidos de tipo seco sin abrir varía entre 4 meses y 3 años según la información de la etiqueta. No obstante, las empresas por lo general declaran que la vida útil (según la información

de la etiqueta) de la mayoría de los alimentos para canes extruidos y mayormente secos es de aproximadamente 12 meses. Chanadang *et al.* (2016) declararon que los alimentos para canes tienen una vida útil de 12 meses o más en condiciones adecuadas de almacenamiento. Se informa que no hay problema en consumir alimentos húmedos para canes dentro de los 24 meses posteriores a la fecha de producción (Case *et al.* 2011; Hillestad 2018). Se utilizan aditivos antioxidantes naturales o sintéticos para prevenir la peroxidación lipídica que es un indicador de vida útil (Case *et al.* 2011; Glodde *et al.* 2018). La oxidación lipídica es una de las razones más importantes del deterioro de los productos alimenticios que contienen altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados y de su cambiante vida útil. Los ácidos grasos insaturados se oxidan en hidroperóxidos inodoros e insípidos. Los productos de oxidación cambian el sabor y aroma del alimento, y la estructura de los ácidos grasos (Stadtman and Levine 2003). Resulta importante determinar de manera científica y objetiva la vida útil de los alimentos para canes de tipo seco (pellets extruidos) y de tipo húmedo, que hoy produce la industria alimentaria. Según la hipótesis del estudio, la composición de ácidos grasos y la capacidad de oxidación [índices de peróxidos (IP) y concentraciones de malondialdehído (MDA)] de los alimentos para canes suministrados por el primer proveedor pueden mostrar si se utilizan los oxidados de las materias primas utilizadas en el alimento y si los aditivos antioxidantes adicionados en el alimento son suficientes/efectivos. El objetivo del presente estudio fue determinar los cambios en los perfiles de ácidos grasos y los productos de la oxidación primaria (IP) y de la oxidación secundaria (MDA) de los tipos de alimentos comerciales para canes de tipos húmedo (enlatados) o seco (pellet) de las clases premium y económica. Se analizaron distintas temperaturas de almacenamiento (+4 °C, +21 °C, +40 °C) y distintos períodos de almacenamiento (1, 3, 6, y 12 meses).

• Materiales y métodos

Las muestras de alimentos para canes

En el estudio, los alimentos comerciales para canes eran de distintas marcas ofrecidas para razas grandes adultas (20–40 kg de peso) en Turquía. Los alimentos para canes consistían de 40 de clase premium (CP) (20 de tipos húmedos y 20 de tipos secos) y 40 de clase económica (CE) (20 tipos húmedos y 20 tipos secos) de distintas marcas. En total se analizaron 80 marcas distintas de alimentos. Los alimentos para canes de CP y CE tenían materias primas y fuentes de carbohidratos de proteína animal similares (cada clase de alimento consiste en los siguientes alimentos para canes: 5 de cordero-arroz; 5 de pescado-arroz/granos; 5 libras de grano, y 5 de pollo-granos/papa).

El número total de análisis realizados para cada CE y CP durante el estudio fue de 2400 [=80 (40 de la CP y 40 de la CE de alimentos para canes) x 2 (duplicado) x 5 (frescos y 4 períodos de tiempo distintos) x 3 tres temperaturas de almacenamiento distintas].

Condiciones de almacenamiento

Las concentraciones del índice de peróxidos (IP) y el malondialdehído (MDA) de los alimentos para canes [n = 80; 40 de la CP (que consistió de 20 alimentos para canes de tipo húmedo y 20 de tipo seco) y 40 de la CE (que consistió de 20 alimentos para canes de tipo húmedo y 20 de tipo seco)] fueron determinadas al momento de la adquisición. Las composiciones de los ácidos grasos y las condiciones de oxidación (IP y MDA) en los alimentos para canes que fueron almacenados a +4 °C, +21 °C, o +40 °C durante 1, 3, 6, o 12 meses fueron analizadas por duplicado. El alimento para canes se almacenó a +4 °C en un refrigerador y la temperatura fue controlada con un registrador de datos. El almacenamiento del alimento para canes a +21 °C y +40 °C se realizó en dos gabinetes de control termostático distintos y se registraron los

valores de la temperatura con dos registradores de datos.

La preparación del alimento para canes para los análisis después de distintas condiciones de almacenamiento.

Los alimentos secos en forma de pellets se molieron después de cada condición de almacenamiento distinta. Los alimentos húmedos se secaron y molieron. Este proceso se repitió para el almacenamiento a distintos períodos de tiempo. Los alimentos de tipo seco (CP y CE) se molieron a un tamaño que pudiera pasar por un diámetro de 1,0 mm (IKA Mills, accionamiento de micro molino básico MF 10, Alemania). Los alimentos de tipo húmedo (CP y CE) se secaron a 55 °C durante 24 horas y durante 12 horas a 105 °C, luego se molieron a un tamaño que pudiera pasar por un diámetro de 1,0 mm (IKA, Alemania). Los análisis del MDA, el IP y los ácidos grasos se realizaron usando dichas muestras preparadas. Las grasas/aceites en el alimento para canes molido en seco fueron extraídas usando éter dietílico en una unidad de extracción (Extractores por solvente SER148/3, Velp Scientifica, Italia) (AOAC, 1995).

La determinación del IP en los alimentos para canes

El IP de los alimentos para canes fue determinado según la AOAC (1990). Las muestras se disolvieron adicionando una solución de 30 mL de ácido acético-cloroformo (3:2) bajo campana extractora en la muestra pesada en una cantidad suficiente de acuerdo con el IP esperado. Se adicionó una solución de 0,5 mL de KI saturado (10 %; en agua destilada) a la solución de 50 mL en un tubo Falcon que se tapó y mezcló con agitador con vórtice durante 1 minuto. Después de 10 minutos de incubación a oscuras, se adicionaron 30 mL de agua destilada y 1 mL de una solución de 1 % de almidón. La valoración se realizó con una solución de tiosulfato de

sodio (0,1 N-0,01 N), y se calculó el IP (AOAC 1990).

La determinación de las concentraciones de MDA en los alimentos para canes

Las sustancias reactivas al ácido tio-barbitúrico (TBARS) fueron determinadas usando un método espectrofotométrico informado por Botsoglou *et al.* (1994). Se generó la curva del estándar de malondialdehído (MDA)/1, 1, 3, 3-tetraetoxipropano (TEP) (0,024-239 µg/mL MDA/TEP) ($f(x) = 0,00972x + 0,1674$, $R^2 = 0,9929$). Los resultados fueron expresados en mg MDA/kg alimento. El análisis se realizó en seis réplicas.

La determinación de las composiciones de ácidos grasos en los alimentos para canes

Las grasas/aceites en las muestras de alimentos para canes fueron metiladas con un procedimiento de tres pasos modificado (Kara 2020b) de Wang *et al.* (2015). Los sobrenadantes (ácidos grasos metilados en *n*-hexano) se colocaron en un vial de color ámbar con cuello de rosca ND-9 de 1,5 ml y tapones de rosca de 9 mm (tapones de PTFE de silicona blanca) y se analizaron en un cromatógrafo de gas (TRACE 1300, Thermo Scientific, EE.UU.) con muestreador automático (Thermo AI 1310, Thermo

Scientific, EE.UU.). Se utilizó una solución de un estándar de mezcla de FAME (37 C) en diclorometano (Chem-Lab, CL.40.13093.0001, Zedelgem, Bélgica) para la identificación de los picos. Se utilizó ácido heptadecanoico (C17:0) como estándar interno. Se utilizó una columna de metil ésteres de ácidos grasos (longitud: 60 m; D.I.: 0,25 mm; película: 0,25 mm y temperatura máxima de 250-260 °C) con una temperatura dividida de inyección de 255 °C, una columna de 140 °C y un índice de flujo de 30 ml/min para el método de procesamiento durante 42 minutos. Se llevo a cabo una identificación del ácido graso comparando los picos en el cromatograma con los tiempos de retención según el estándar.

Análisis estadístico

Los datos experimentales fueron sometidos en primer lugar a la prueba de Levene para detectar la homogeneidad de varianzas. Se implementaron análisis multivariados para las varianzas homogéneas usando procedimientos de Modelos Lineales Generales para probar las diferencias del tratamiento. Los datos fueron analizados usando un diseño completo aleatorizado con clases de alimentos para canes x tipos de alimentos para canes x temperaturas de almacenamiento. Los datos fueron analizados en base al modelo estadístico: $Y_{ijk} = \mu + E_i + D_j + ED_{ij} + e_{ijk}$. En donde, Y_{ijk} = la variable dependiente; μ = la media general; E = el efecto

de la temperatura de i – en los parámetros observados; D = el efecto de los tipos de alimentos – j ; ED = la interacción entre los tipos de alimentos – i y las temperaturas – j ; e_{ijk} = el término error estándar. La relación entre las variables investigadas para los alimentos húmedos y secos se determinó con la Correlación de Pearson (r) usando el programa estadístico SPSS v17.0. La significancia estadística se tomó por debajo de 0,05 ($p < .05$).

Resultados

Las concentraciones de IP y MDA de los alimentos para canes al inicio del estudio

Al inicio del estudio, el efecto del tipo de alimento sobre las concentraciones de IP y MDA de los alimentos para canes fue significativa ($p < .001$). Las concentraciones de IP (7,22 mEq O₂/kg grasa) y MDA de los alimentos de tipo seco eran inferiores que las de los alimentos de tipo húmedo ($p < .001$). Al inicio del estudio, el IP de los alimentos para canes de CP fue similar al de los alimentos para canes de CE ($p > .05$). Además, las concentraciones de MDA de los alimentos para canes de CP fueron menores que las de los alimentos para canes de CE ($p = .015$). Las concentraciones de MDA en los alimentos para canes de tipo húmedo de CE fueron más elevadas que las de los alimentos para canes de tipo húmedo de CP ($p = 0,005$) (Tabla 1).

Tabla 1 - Las concentraciones de ácidos grasos (g/100g MS), IP (mEq O₂/kg grasa) y MDA (mg/kg food) de los alimentos para canes adquiridos en el mercado.

Clases de alimentos para canes	Tipos de alimentos para canes	IP	MDA	ALA	DHA	EPA	AL	AO
CP	Tipo seco	8,12	34,00	0,256	0,185	0,031	2,14	4,41
	Tipo húmedo	6,32	31,79	0,198	0,234	0,158	3,08	7,53
CE	Tipo seco	19,46	46,92	0,071	0,193	0,021	2,15	2,56
	Tipo húmedo	21,05	78,32	0,353	0,133	0,332	4,34	7,31
Clase de alimentos para canes	CP	7,22	32,89	0,230	0,211	0,088	2,55	5,79
	CE	20,25	62,62	0,210	0,163	0,175	3,23	4,91
Tipos de alimentos para canes	Tipo seco	13,79	40,46	0,167	0,189	0,027	2,14	3,52
	Tipo húmedo	13,68	55,05	0,279	0,188	0,249	3,74	7,42
DE			1,778	4,132	0,209	0,030	1,863	3,055
EEM			26,35	35,13	0,160	0,002	0,146	0,240
Valores de p	Clases de alimentos	<0,001	<0,001	0,858	0,002	0,061	0,014	0,005
	Tipos de alimentos	0,966	0,015	0,188	0,160	<0,001	<0,001	<0,001
	Tipos de alimentos*clases de alimentos	0,502	0,005	0,047	0,001	0,036	0,017	0,024

ALA: ácido α -linolénico; DHA: ácido docosahexaenoico; EPA: ácido eicosapentaenoico; AL: ácido linoleico; AO: ácido oleico; DE: desviación estándar; EEM: error estándar de la media; CP: Clase premium; CE: Clase económica.

Composición de ácidos grasos de los alimentos para canes al inicio del estudio

Al inicio del estudio, los niveles de DHA y ácido oleico (g/100g) en MS en los alimentos para canes de CP fueron más elevados que los de los alimentos para canes de CE ($p < .05$). Las concentraciones promedio de ácidos grasos ALA y EPA de los alimentos para canes fueron similares para dos clases distintas de alimentos para canes ($p > .05$). El nivel de ácido linoleico en MS de los alimentos para canes de CE fue más elevado que el de los alimentos para canes de CP ($p < .05$). Aunque las concentraciones de EPA, ácido linoleico, y ácido oleico en MS de los alimentos para canes de tipo húmedo fueron más elevadas que las de los alimentos para canes de tipo seco ($p < .05$), las concentraciones de ALA y DHA fueron similares para los tipos distintos de alimentos para canes ($p > .05$). Los niveles de ω -3 ALA de los alimentos para canes de tipo seco de clase premium fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo húmedo de clase premium ($p < .05$). Los niveles de DHA en los alimentos para canes de tipo húmedo de CE fueron más elevados que las de los alimentos para canes de tipo seco de CE ($p < .05$). Los alimentos para canes de tipo húmedo de CE y CP contenían más EPA, ácido linoleico, y ácido oleico que los alimentos para canes de tipo seco de CE y CP ($p < .05$) (Tabla 1).

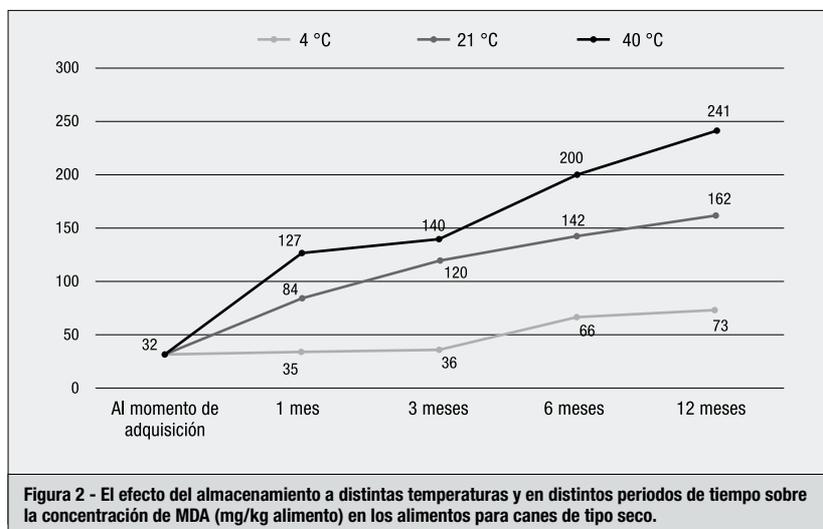
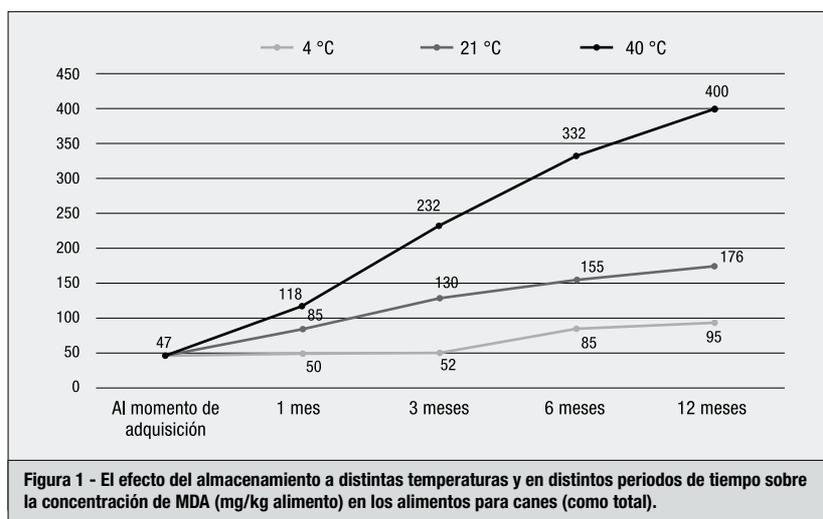
El MDA e IP de los alimentos para canes almacenados a distintas temperaturas y períodos de tiempo

Las concentraciones de MDA de los alimentos para canes almacenados a distintas temperaturas aumentaron significativamente con los mayores períodos de almacenamiento ($p < .05$) (Figura 1). Con el almacenamiento del alimento para canes durante 1 mes, las concentraciones de MDA en los alimentos para canes de CE fueron más elevadas que las de los alimentos para canes de CP ($p < .05$). Por consiguiente, las concentraciones

de MDA de los alimentos para canes durante períodos de almacenamiento de 3, 6 y 12 meses fueron similares para los alimentos para canes de CP y CE ($p > .05$). El tipo de alimento para canes resultó efectivo para modificar la concentración de MDA del alimento para canes según las condiciones del almacenamiento. No se observaron diferencias entre las concentraciones de MDA de los alimentos para canes de tipo seco y de tipo húmedo que estuvieron almacenados durante un mes. No obstante, las concentraciones de MDA de los alimentos para canes de tipo húmedo con almacenamiento hasta el tercer, sexto y doceavo mes fueron más elevadas que las de los alimentos para canes de tipo seco ($p < .001$). La interacción entre los tipos de alimentos para canes y las tem-

peraturas de almacenamiento tuvieron un efecto significativo sobre la concentración de MDA. Las concentraciones de MDA de los alimentos para canes de tipo húmedo durante 1, 3, 6 y 12 meses de almacenamiento fueron más elevadas que las de los alimentos para canes de tipo seco ($p < .05$) (Tabla 2 y Figuras 2 y 3).

Los IP de los alimentos para canes de CP y CE fueron similares para los almacenamientos de 1 y 3 meses. Sin embargo, los IP de los alimentos para canes de CP fueron más elevados a 6 y a 12 meses que los de los alimentos para canes de CE ($p < .05$). El IP de los alimentos para canes de tipo húmedo fue significativamente más elevado que los de los alimentos para canes de tipo seco ($p <$



.001). El IP promedio de todos los alimentos para canes no se modificó en los primeros 3 meses a pesar del incremento de la temperatura de almacenamiento, pero el IP aumentó significativamente con el incremento de la temperatura de almacenamiento en el sexto y doceavo mes ($p < .001$). No se observaron diferencias en el IP entre la interacción de las clases de alimentos para canes y la

temperatura de almacenamiento para los mismos grados de temperatura en términos de las clases de los alimentos para canes de hasta 3 meses de almacenamiento. En el sexto y doceavo mes (para las mismas temperaturas) se determinó que los valores de IP de los alimentos para canes de CE fueron más elevados que los de los alimentos para canes de CP ($p < .05$) (Tabla 2).

Los perfiles de ácidos grasos de los alimentos para canes almacenados a distintas temperaturas y períodos de tiempo

Alimentos para canes almacenados durante un mes

Los contenidos de ALA, DHA y ácido oleico en los alimentos para canes de CP almacenados a distintas temperaturas durante un mes eran más elevados que los de los alimentos de CE ($p < .05$). Sin embargo, los contenidos de ácido linoleico en los alimentos para canes de tipo seco de CE y CP fueron inferiores a los de los alimentos para canes de tipo húmedo de CE y CP ($p < .05$). Los contenidos de ALA, DHA, EPA, ácido linoleico y ácido oleico en los alimentos para canes de tipo húmedo, almacenados a distintas temperaturas durante un mes, generalmente fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo seco ($p < .05$). Las cantidades de ALA y ácido oleico en los alimentos para canes de tipo seco de CE fueron

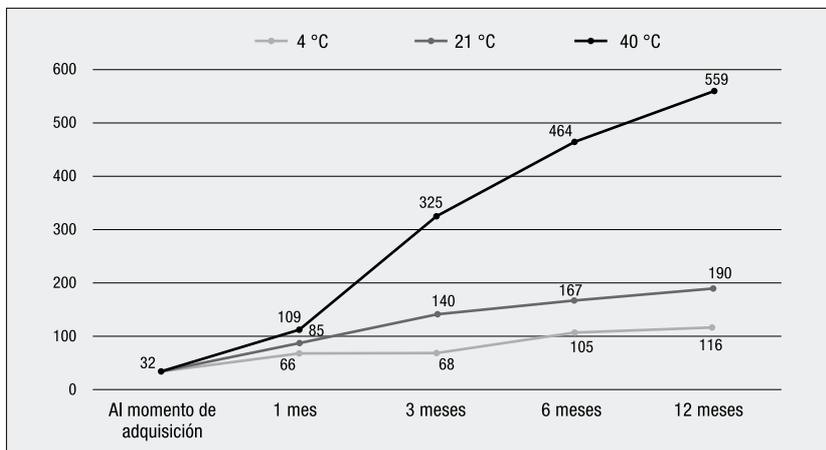


Figura 3 - El efecto del almacenamiento a distintas temperaturas y en distintos períodos de tiempo sobre la concentración de MDA (mg/kg alimento) en los alimentos para canes de tipo húmedo.

Tabla 2 - IP y MDA de alimentos para canes en distintas condiciones de almacenamiento.

Clases de alimentos para canes	Tipos de alimentos para canes	Temperatura	IP (mEq O ₂ /kg grasa)				MDA (mg/kg alimento MS)			
			1 mes	3 meses	6 meses	12 meses	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses
CP	Tipo seco	+4 °C	8,53	8,61	17,17	19,08	35,70	36,77	73,26	81,41
		+21 °C	8,93	9,34	24,13	27,42	93,51	132,26	157,45	178,92
		+40 °C	9,75	10,15	49,43	70,61	146,81	160,28	228,97	275,87
	Tipo húmedo	+4 °C	20,44	20,63	32,50	36,11	49,27	50,75	99,83	110,92
		+21 °C	21,41	22,38	54,15	61,53	60,06	126,87	151,03	171,63
		+40 °C	23,36	24,33	156,23	223,32	75,09	280,83	401,18	483,35
CE	Tipo seco	+4 °C	6,63	6,70	11,88	13,20	33,38	34,38	58,25	64,73
		+21 °C	6,95	7,27	42,02	47,76	75,18	106,98	127,36	144,73
		+40 °C	7,58	7,90	81,39	116,27	107,63	119,78	171,12	206,17
	Tipo húmedo	+4 °C	22,10	22,31	45,64	50,71	82,01	84,47	109,46	121,62
		+21 °C	23,16	24,21	82,22	93,44	110,71	153,92	183,23	208,22
		+40 °C	25,26	26,31	208,37	297,6	142,88	368,32	526,17	633,94
CP (promedio)			15,40	15,91	55,62	73,01	76,74	131,29	185,29	217,02
CE (promedio)			15,28	15,78	78,59	103,17	91,96	144,64	195,93	229,90
Temperatura		+4 °C	14,43	14,56	26,80 ^c	29,77 ^c	50,09 ^e	51,59 ^e	85,20 ^e	94,67 ^e
		+21 °C	15,11	15,80	50,63 ^b	57,54 ^b	84,86 ^d	130,01 ^d	154,77 ^d	175,87 ^d
		+40 °C	16,49	17,17	123,88 ^a	179,97 ^a	118,10 ^a	232,30 ^a	331,86 ^a	399,83 ^a
Valores de p	Clases de alimentos		0,941	0,940	0,001	0,001	0,012	0,430	0,658	0,655
	Tipos de alimentos		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,042	<0,001	<0,001	<0,001
	Temperatura		0,574	0,447	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Clases de alimentos*Tipos de alimentos		0,245	0,245	0,229	0,261	<0,001	0,034	0,063	0,067
	Clases de alimentos*Temperatura		0,999	0,999	0,042	0,041	0,992	0,857	0,795	0,794
	Tipos de alimentos*Temperatura		0,882	0,834	<0,001	<0,001	0,040	<0,001	<0,001	<0,001
Clases de alimentos*Tipos de alimentos*Temperatura		0,998	0,997	0,950	0,927	0,053	0,497	0,375	0,360	

CP: Clase premium; CE: Clase económica

más elevadas que las de los alimentos para canes de tipo seco de CE ($p < .05$). Los niveles de DHA, EPA y ácido linoleico de los alimentos para canes de tipo seco de CP fueron similares a los alimentos para canes de tipo seco de CE ($p < .05$) (Tabla 3).

Alimentos para canes almacenados durante tres meses

Los niveles de DHA y ácido oleico en los alimentos para canes de CP fueron más elevados que los de los alimentos para canes de CE ($p < .05$). Los contenidos de ALA, EPA y ácido linoleico en los alimentos para canes de CE almacenados a distintas temperaturas durante tres meses eran más elevados que los de los alimentos de CP ($p < .05$). Los niveles de ALA, DHA, EPA, ácido linoleico y ácido oleico en los alimentos para canes de tipo húmedo, almacenados a distintas temperaturas durante tres meses, fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo seco ($p < .05$). Los

niveles de ALA y ácido oleico en los alimentos para canes de tipo seco de CP fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo húmedo de CP ($p < .05$). Al final del almacenamiento de tres meses, los niveles de DHA en los alimentos para canes de tipo húmedo de CP fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo húmedo de CE ($p < .05$). Los niveles de ácido linoleico en los alimentos para canes de tipo húmedo de CE fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo húmedo de CP ($p < .05$) (Tabla 3).

Los alimentos para canes almacenados durante seis meses

En el sexto mes de almacenamiento, los contenidos de ALA, DHA y ácido oleico de los alimentos para canes de CP fueron más elevados que los de los alimentos para canes de CE ($p < .05$). Con el almacenamiento durante 6 meses, las cantidades de ácido linoleico en los alimentos para canes de CE fueron más

elevadas que las de los alimentos para canes de CP ($p < .05$). Los contenidos de EPA en los alimentos para canes de CP, que fueron almacenados durante 6 meses, fueron similares a los de los alimentos para canes de CE ($p < .05$). Con el almacenamiento durante 6 meses, los niveles promedio de ALA, DHA, EPA, ácido linoleico y ácido oleico en los alimentos para canes de tipo húmedo fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo seco ($p < .05$). El contenido de DHA en los alimentos para canes de tipo húmedo de CP, almacenados durante 6 meses, fue más elevado que el de los alimentos para canes de tipo húmedo de CE ($p < .05$) (Tabla 4).

Alimentos para canes almacenados durante doce meses

Los contenidos de ALA y DHA en los alimentos para canes de CP, almacenados durante 12 meses, fueron más elevados que los de los alimentos para canes de CE ($p < .05$). El contenido de ácido

Tabla 3 - Los contenidos de ácidos grasos de los alimentos para canes en distintas condiciones de almacenamiento.

Clases de alimentos para canes	Tipos de alimentos para canes	Temperatura	1er mes				3er mes					
			ALA	DHA	EPA	AL	AO	ALA	DHA	EPA	AL	AO
CP	Tipo seco	+4 °C	0,20	0,18	0,03	1,95	4,04	0,13	0,14	0,01	2,13	3,96
		+21 °C	0,18	0,18	0,02	2,20	3,82	0,15	0,20	0,01	2,12	4,03
		+40 °C	0,15	0,11	0,03	1,85	4,31	0,12	0,11	0,01	1,95	4,03
	Tipo húmedo	+4 °C	0,20	0,35	0,10	3,60	6,74	0,21	0,42	0,03	3,19	7,14
		+21 °C	0,21	0,37	0,19	3,43	7,85	0,20	0,44	0,03	3,05	7,04
		+40 °C	0,19	0,36	0,06	3,30	6,98	0,17	0,29	0,03	3,09	7,67
CE	Tipo seco	+4 °C	0,06	0,19	0,07	1,70	2,71	0,04	0,14	0,01	2,16	2,61
		+21 °C	0,05	0,05	0,06	2,20	2,60	0,04	0,15	0,01	2,08	2,76
		+40 °C	0,04	0,04	0,06	2,11	2,63	0,04	0,11	0,01	2,20	2,72
	Tipo húmedo	+4 °C	0,19	0,19	0,11	5,20	7,29	0,18	0,14	0,04	5,08	7,85
		+21 °C	0,19	0,19	0,09	5,53	7,70	0,15	0,12	0,04	4,92	7,53
		+40 °C	0,18	0,18	0,04	5,16	7,81	0,14	0,14	0,04	5,06	7,13
CP (promedio)		0,18	0,26	0,06	2,72	5,62	0,09	0,27	0,02	2,59	5,65	
CE (promedio)		0,12	0,15	0,07	3,65	5,12	0,18	0,13	0,03	3,58	5,10	
Temperatura		+4 °C	0,16	0,19	0,08	3,11	5,20	0,14	0,21	0,02	3,14	5,40
		+21 °C	0,15	0,18	0,07	3,34	5,49	0,14	0,22	0,02	3,05	5,36
		+40 °C	0,14	0,12	0,05	3,11	5,43	0,12	0,16	0,02	3,11	5,40
Valores de p	Clases de alimentos		<0,001	<0,001	0,065	0,008	<0,008	0,001	0,011	0,004	<0,001	0,041
	Tipos de alimentos		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,021	<0,001	<0,001	<0,001
	Temperatura		0,315	0,926	0,078	0,547	0,676	0,641	0,573	0,753	0,911	0,988
	Clases de alimentos*Tipos de alimentos		0,944	0,002	<0,001	<0,001	0,002	0,121	0,022	0,002	<0,001	0,012
	Clases de alimentos*Temperatura		0,241	0,842	0,904	0,663	0,905	0,780	0,644	0,605	0,900	0,667
	Tipos de alimentos*Temperatura		0,010	0,560	<0,001	0,760	0,421	0,723	0,936	0,144	0,964	0,910
Clases de alimentos*Tipos de alimentos*Temperatura		0,820	0,923	0,117	0,877	0,600	0,996	0,858	0,636	0,977	0,666	

ALA: ácido α-linolénico; DHA: ácido docosahexaenoico; EPA: ácido eicosapentaenoico; CP: Clase premium; CE: Clase económica

linoleico en los alimentos para canes de CE a los 12 meses de almacenamiento fue más elevado que el de los alimentos para canes de CP ($p < .05$). No se observaron diferencias entre las clases de alimentos para canes en términos de los contenidos de EPA y ácido oleico de los alimentos para canes que fueron almacenados durante 12 meses ($p < .05$). Al final del almacenamiento durante 12 meses, los contenidos de ALA, DHA, EPA, ácido linoleico y ácido oleico en los alimentos para canes de tipo húmedo fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo seco ($p < .05$). Los niveles de ALA, ácido linoleico y ácido oleico en los alimentos para canes de tipo seco de CP fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo seco de CE ($p < .05$). El DHA en los alimentos para canes de tipo húmedo de CP almacenados durante 12 meses, fue más elevado que el de los alimentos para canes de tipo húmedo de CE ($p < .05$). El ácido linoleico en los alimentos para canes de tipo húmedo de CP almacenados durante 12 meses, fue inferior al de

los alimentos para canes de tipo húmedo de CE ($p < .05$) (Tabla 4).

Correlaciones de Pearson entre los contenidos de IP, MDA y ácidos grasos

Alimentos secos para canes

La temperatura de almacenamiento se correlacionó positivamente con el IP ($r = 0,319$), y el MDA ($r = 0,569$) de los alimentos secos para canes y se correlacionó negativamente con el ALA ($r = -0,176$) y el EPA ($r = -0,146$) ($p < .05$). El incremento en el tiempo de almacenamiento se correlacionó positivamente con los niveles de IP ($r = 0,466$) y MDA ($r = 0,378$) y se correlacionó negativamente con el DHA ($r = -0,247$) y el EPA ($r = -0,290$) ($p < .05$). El IP se correlacionó positivamente con el MDA ($r = 0,435$) y se correlacionó negativamente con el ácido linoleico ($r = -0,151$) y el ω -9 ($r = -0,096$) ($p < .05$). El MDA se correlacionó negativamente con el ácido linoleico ($r = -0,195$) ($p < .05$) (Tabla 5).

Alimentos húmedos para canes

La temperatura de almacenamiento se correlacionó positivamente con el IP ($r = 0,336$) y el MDA ($r = 0,397$) ($p < .05$). El incremento del período de almacenamiento se correlacionó positivamente con el IP ($r = 0,539$) y el MDA ($r = 0,310$), mientras que se correlacionó negativamente con el ácido linoleico ($r = -0,126$), el DHA ($r = -0,235$) y el EPA ($r = -0,234$) ($p < .05$). El IP se correlacionó positivamente con el valor del MDA ($r = 0,558$) ($p < .05$). El MDA se correlacionó positivamente con el período de almacenamiento ($r = 0,310$) y el IP ($r = 0,558$) pero se correlacionó negativamente con el DHA ($r = -0,174$), y el ácido oleico ($r = -0,195$) ($p < .05$).

• Discusión

Las concentraciones de IP y MDA

Los aceites y grasas que se incorporan en la formulación de los alimentos para

Tabla 4 - Los contenidos de ácidos grasos de los alimentos para canes en distintas condiciones de almacenamiento.

Clases de alimentos para canes	Tipos de alimentos para canes	Temperatura	6to mes					12avo mes				
			ALA	DHA	EPA	AL	AO	ALA	DHA	EPA	AL	AO
CP	Tipo seco	+4 °C	0,14	0,15	0,02	2,15	3,96	0,15	0,13	0,02	1,96	3,96
		+21 °C	0,14	0,13	0,01	2,20	4,02	0,16	0,14	0,02	2,24	4,16
		+40 °C	0,12	0,11	0,01	1,96	4,04	0,13	0,11	0,02	1,92	4,07
	Tipo húmedo	+4 °C	0,21	0,42	0,04	3,15	7,10	0,16	0,31	0,04	2,60	5,74
		+21 °C	0,20	0,40	0,03	3,01	7,20	0,22	0,39	0,04	2,59	7,72
		+40 °C	0,18	0,30	0,03	2,85	7,69	0,18	0,31	0,05	3,44	7,35
CE	Tipo seco	+4 °C	0,05	0,16	0,02	2,02	2,60	0,04	0,16	0,02	2,08	2,60
		+21 °C	0,04	0,15	0,01	1,96	2,78	0,05	0,18	0,02	1,77	2,79
		+40 °C	0,04	0,10	0,01	1,67	2,80	0,05	0,09	0,02	1,30	3,08
	Tipo húmedo	+4 °C	0,18	0,15	0,04	4,96	7,50	0,18	0,17	0,04	3,35	6,95
		+21 °C	0,16	0,13	0,04	4,55	7,62	0,17	0,09	0,04	4,65	8,17
		+40 °C	0,15	0,12	0,04	4,32	7,35	0,16	0,13	0,06	5,07	7,61
CP (promedio)			0,17	0,25	0,02	2,55	5,67	0,17	0,23	0,03	2,46	5,50
CE (promedio)			0,10	0,14	0,03	3,25	5,11	0,11	0,14	0,03	3,04	5,20
Temperatura		+4 °C	0,15	0,22	0,03	3,07	5,29	0,13	0,18	0,02	2,44	4,63
		+21 °C	0,16	0,20	0,02	2,93	5,41	0,15	0,20	0,03	2,82	5,73
		+40 °C	0,13	0,16	0,02	2,70	5,47	0,13	0,16	0,04	2,93	5,53
Valores de p	Clases de alimentos		0,001	0,001	0,204	<0,001	0,024	0,003	0,042	0,121	0,004	0,353
	Tipos de alimentos		<0,001	0,021	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,035	<0,001	<0,001	<0,001
	Temperatura		0,641	0,573	0,753	0,911	0,988	0,678	0,739	0,057	0,217	0,071
	Clases de alimentos*Tipos de alimentos		0,021	0,258	0,082	<0,001	0,018	0,029	0,020	0,115	<0,001	0,004
	Clases de alimentos*Temperatura		0,780	0,644	0,605	0,900	0,667	0,714	0,826	0,490	0,738	0,889
	Tipos de alimentos*Temperatura		0,723	0,936	0,144	0,964	0,910	0,954	0,954	0,001	0,003	0,223
	Clases de alimentos*Tipos de alimentos*Temperatura		0,996	0,858	0,636	0,977	0,666	0,721	0,686	0,460	0,134	0,709

ALA: ácido α -linolénico; DHA: ácido docosahexaenoico; EPA: ácido eicosapentaenoico; CP: Clase premium; CE: Clase económica

canes son responsables de los principales cambios sensoriales que se producen durante la vida útil del alimento debido a la oxidación lipídica. El sabor indeseable causado por la oxidación ejerce un gran impacto económico sobre la industria alimentaria. Además, puede reducir la calidad nutricional del alimento (tal como el perfil de ácidos grasos) y causar la producción de productos tóxicos, la pérdida de vitaminas solubles en grasa y el surgimiento de compuestos aromáticos desagradables que afectan negativamente el consumo de alimentos (Marchi *et al.*, 2018; Osawa *et al.* 2008). A pesar de esta información, la bibliografía disponible sobre el límite máximo del IP en los alimentos para mascotas es muy limitada y el Consejo Nacional de Investigación (NRC, sus siglas en inglés, 2006), la Asociación Estadounidenses de Funcionarios de Control de Alimentos (AAFCO, por sus siglas en inglés) y la Federación Europea de la Industria de Alimentos para Mascotas (FEDIAF, sus siglas en francés, 2020) no proporcionan valores de referencia para el IP máximo permitido en los alimentos para canes y gatos. El estudio presentado muestra diferencias individuales entre las empresas comerciales en términos de los valores del IP y el MDA de los alimentos comerciales para canes al momento de la adquisición. Se observó una diferencia entre los tipos de alimentos para canes en términos de concentraciones de IP y MDA al momento de la adquisición. Al momento de la adquisición, las concentraciones de IP (7,22 mEq O₂/kg grasa) y MDA (32,89 mg/kg) en los alimentos

para canes de tipo seco fueron inferiores a las de las concentraciones de IP (20,25 mEq O₂/kg grasa) y MDA (62,62 mg/kg alimento) en alimentos de tipo húmedo y esto muestra que los alimentos para canes de tipo húmedo podrían ser menos resistentes a la peroxidación lipídica. Dichos resultados podrían indicar que los contenidos de grasa/aceite y el ALA, EPA y el ácido linoleico de los alimentos para canes húmedos enlatados en el estudio presentado fueron más elevados que los de los alimentos para canes de tipo seco. Además, el hecho de que las fechas de producción de los alimentos comerciales para canes adquiridos no estaban incluidas en las etiquetas de los alimentos para canes y los alimentos para canes no proporcionaban información sobre la vida útil del alimento para canes antes de la adquisición en el mercado, muestra que podría haber diferencias entre las marcas. Marchi *et al.* (2018) informaron que el IP promedio de 208 alimentos extruidos distintos para canes fue de 17,49 mEq O₂/kg grasa

(2,2–94,10 mEq O₂/kg grasa). Los resultados de Marchi *et al.* (2018) relacionados con el IP de los alimentos para canes fueron consistentes con los resultados del estudio presente. En otro estudio, Osawa *et al.* (2008) informaron que la concentración de MDA de 18 alimentos para mascotas osciló entre 7,5 a 138 nmol/kg, y el IP osciló entre 1,4 y 6,8 mEq O₂/kg grasa. Los IP promedio de los alimentos para canes informados por Osawa *et al.* (2008) fueron inferiores al IP de los alimentos para canes en el estu-

dio presente. En otro estudio, se observó que el índice de acidez, como un indicador de peroxidación, de cuatro alimentos extruidos distintos para canes de tipo seco exhibió una diferencia significativa (8–32 mg KOH/g) entre las marcas (Holda and Glogowski, 2016).

El proceso de extrusión aplicado en la producción de los alimentos para mascotas y el período de tiempo de almacenamiento de dicho alimentos son las principales condiciones que causan la oxidación lipídica en los alimentos para mascotas. Sin embargo, dado que el proceso de extrusión es un proceso muy corto que se aplica a las materias primas de los alimentos para canes su efecto sobre la oxidación podría no ser demasiado severo. No obstante, la materia prima en el extrusor se puede procesar como un prooxidante por la fricción y presión causada por la abrasión del tornillo del extrusor, y el aire atrapado en el mismo por la expansión del alimento que sale del equipo puede crear una mayor superficie y favorecer su oxidación. Existen estudios que muestran que el proceso de extrusión tiene un efecto negativo sobre los antioxidantes (Case *et al.* 2011). Los alimentos extruidos para mascotas con frecuencia se enriquecen con antioxidantes para prevenir la oxidación y conservar el valor nutricional y extienden la vida útil de 12 a 18 meses (Marchi *et al.* 2018). En el estudio presente, el IP promedio de los alimentos de CP y CE adquiridos fue de 13,79 a 13,68 mEq O₂/kg grasa, mostrando que no hubo una diferencia estadística, pero se observó una diferencia

Tabla 5 - Correlaciones de Pearson entre los cambios de los alimentos para canes almacenados bajo distintas condiciones de almacenamiento.

	Tiempo	IP	MDA	ALA	DHA	EPA	AL	AO
Alimento seco								
Temperatura	-0,001 (P=0,982)	0,319 (P=0,001)	0,569 (P=0,001)	-0,176 (P=0,001)	-0,061 (P=0,251)	-0,146 (P=0,006)	-0,057 (P=0,285)	0,025 (P=0,638)
Tiempo	1	0,466 (P=0,001)	0,378 (P=0,001)	0,140 (P=0,208)	-0,247 (P=0,022)	-0,290 (P=0,020)	-0,093 (P=0,081)	0,050 (P=0,344)
IP	0,466 (P=0,001)	1	0,435 (P=0,001)	0,101 (P=0,057)	0,072 (P=0,177)	0,123 (P=0,221)	-0,151 (0,004)	0,046 (P=0,390)
MDA	0,378 (P=0,001)	0,435 (P=0,001)	1	0,112 (P=0,134)	0,052 (P=0,328)	0,066 (P=0,218)	-0,195 (P=0,049)	0,091 (P=0,088)
Alimento húmedo								
Temperatura	-0,007 (P=0,890)	0,336 (P=0,001)	0,397 (P=0,001)	-0,041 (P=0,440)	-0,248 (P=0,336)	0,173 (P=0,231)	0,059 (P=0,275)	0,022 (P=0,690)
Tiempo	1	0,539 (P=0,001)	0,310 (P=0,001)	0,026 (P=0,630)	-0,235 (P=0,021)	-0,234 (P=0,012)	-0,126 (P=0,019)	0,023 (P=0,665)
IP	0,539 (P=0,001)	1	0,558 (P=0,001)	0,008 (P=0,877)	-0,023 (P=0,665)	0,093 (P=0,270)	0,056 (P=0,295)	0,056 (P=0,297)
MDA	0,310 (P=0,001)	0,558 (P=0,001)	1	-0,059 (P=0,269)	-0,174 (P=0,043)	0,011 (P=0,844)	-0,033 (P=0,543)	-0,195 (P=0,049)

ALA: ácido α-linolenico; DHA: ácido docosahexaenoico; EPA: ácido eicosapentaenoico; AL: ácido linoleico; AO: Ácido oleico; IP: índice de peróxidos; MDA: malondialdehído

significativa entre las concentraciones de MDA (40–55 mg/kg MS). Esto muestra que no hay diferencia entre los alimentos para canes de CP y CE para los productos finales en el paso que resulta en radicales libres y radicales peroxilos mediante la aislación del átomo de hidrógeno del carbono α -metilénico en el grupo de ácidos grasos insaturados en la primera etapa, que resulta del proceso de autooxidación de los aceites en tres etapas (inicio, propagación y finalización) (Catala 2010). Después de esta etapa, con la descomposición de los ácidos grasos se forman productos insípidos, inodoros y no saborizantes (Antolovich *et al.* 2002). Luego, se forman productos de oxidación, que son evidentes con cambios en el sabor y el aroma del alimento. En el estudio presente, la mayor concentración de MDA, que es el indicador de la densidad de los productos finales de su oxidación, revela que la duración de la oxidación es distinta entre las clases de alimentos y difieren los compuestos de sabor-aroma. Los alimentos de CP exhibieron menores concentraciones en términos de los productos finales de oxidación (MDA) que los alimentos de CE. Los alimentos de CP podrían incluir niveles elevados de antioxidantes y ningún uso de materias primas oxidadas (aceites de semilla, grasa animal y aceite vegetal) en la fórmula, no obstante, se podrían producir diferencias en los procesos de extrusión (tales como el tiempo de extrusión, la presión del tornillo, y el espacio de aire en el pellet). Los incrementos en el IP y MDA por el aumento de la temperatura de almacenamiento hasta 40 °C en el estudio presente fueron compatibles con la bibliografía (Tatum and Chow 2008). En el presente estudio, la concentración de IP y MDA que aumentó con el incremento de los períodos de almacenamiento y las temperaturas fueron similares a los resultados de la mayor peroxidación lipídica de los alimentos para canes de tipo seco, almacenados durante 7 meses a +21 °C por Holda and Glogowski (2016). Aunque los IP al primer y al tercer mes de los alimentos para canes de CP y CE fueron similares, los IP al sexto y doceavo mes de los alimentos para canes de CE fueron

más elevados que los de los alimentos para canes de CP. Los IP de los alimentos para canes de tipo húmedo fueron significativamente más elevados que los de los alimentos para canes de tipo seco y podrían indicar que los alimentos para canes de tipo húmedo son más propensos a la peroxidación. Debido al incremento de la temperatura de almacenamiento en el estudio, los IP de los alimentos para canes en general no se modificaron en los primeros 3 meses. Los IP en el sexto y doceavo mes de los alimentos para canes aumentaron significativamente con el incremento de la temperatura. Esto mostró que los compuestos antioxidante-oxidante y prooxidantes proporcionaron el equilibrio (oxidación-antioxidante) en los primeros tres meses de los períodos de almacenamiento (Turek *et al.* 2003; Domínguez *et al.* 2019) y luego la situación giró a favor de la oxidación. En el estudio presente, después del almacenamiento de 3 meses, se observaron diferencias entre la clase y el tipo de los alimentos para canes y la temperatura de almacenamiento en términos del IP. El bajo nivel antioxidante en los alimentos para canes de CE, o la presencia de algunos factores que inician la oxidación y fueron más efectivos en los alimentos para canes de CE (metales, ácidos grasos libres, lipoxigenasas), podrían estar relacionados con el IP elevado (Tatum and Chow 2008).

La oxidación lipídica de los alimentos para mascotas es uno de los numerosos factores que afectan la vida útil y crean sabores y aromas desagradables (Jacobsen 1999). La aceptabilidad de los alimentos para mascotas por lo general se determina por propiedades sensoriales, tales como la apariencia, el aroma, la textura y el sabor (Koppel 2014). En el estudio presente, hasta los primeros tres meses de almacenamiento, el IP de los alimentos de tipo seco fue inferior al de los de tipo húmedo y se conoció que dichos niveles de IP en el estudio presente no afectarían negativamente el sentido del gusto de los canes (Jones and Lewis 2000). Además, se conoció que el IP alcanzó un valor de 13,20–19,08 mEq

O₂/kg grasa con el almacenamiento de los alimentos para canes de tipo seco de CP y CE a una temperatura de +4 °C por hasta 12 meses (Jones and Lewis 2000). No obstante, se observó que los alimentos para canes de tipo seco y húmedo (en ambas CP y CE) almacenados hasta 12 meses a otras temperaturas de almacenamiento afectarían adversamente el consumo por los canes, debido al elevado IP.

El almacenamiento a distintas temperaturas durante 3 meses no modificó los IP de los alimentos para canes (premium o económicos y de tipos húmedos o secos). El almacenamiento de los alimentos para canes a +21 °C y +40 °C durante 6 y 12 meses aumentó el IP de los alimentos para canes. A los 12 meses de almacenamiento, el IP de los alimentos para canes de CE (húmedos y secos) fue un 50 % más elevado que los de los alimentos para canes de CP.

A pesar de las medidas tomadas para prevenir el deterioro de los alimentos para canes, se establece que la oxidación de los alimentos actualmente comercializados en los mercados no se puede prevenir (Osawa *et al.* 2008). En estudios previos, se informó que 43 % de 37 distintos alimentos comerciales para mascotas tenían un IP de más de 20 meq/kg. grasa (Corbin

1996). El aroma de la grasa animal se percibe fácilmente y reduce la palatabilidad del alimento para las personas y exhibe un IP de 20 meq/kg o mayor. Debido a que el sentido del olfato de los canes es entre 50-100 veces más sensible que el de los humanos, indudablemente los animales detectan dicha oxidación a un valor mucho menor, que reduce el consumo del alimento por el can (Corbin 1996). En el presente estudio, el IP de los alimentos de tipo seco (aproximadamente 6,70–10 mEq O₂/kg) hasta los primeros tres meses de almacenamiento fue inferior al de los alimentos de tipo húmedo (aproximadamente 21-26 mEq O₂/kg), según Corbin (1996). Según estos niveles, se conoce que el valor del IP no puede afectar negativamente el

sentido del gusto de los canes. Se conoce que los valores de IP (13–19 mEq O₂/kg) de los alimentos de tipo seco de CP y de CE, que fueron almacenados a +4 °C por hasta 12 meses podrían no causar efectos adversos para el consumo de los alimentos para canes (Corbin 1996). Cuando los alimentos se evaluaron en general se conoció que los alimentos para canes de tipos húmedos y secos de CE y de CP fueron almacenados a distintas temperaturas (4 °C, 21 °C, y 40 °C) hasta el sexto mes y podrían no afectar negativamente el consumo del alimento debido al incremento del IP. No obstante, se piensa que el almacenamiento de dichos alimentos durante más de 6 meses a dichas temperaturas afectará negativamente el consumo del alimento por los canes por el incremento del IP del alimento.

Perfil de ácidos grasos

Las grasas dietarias son una fuente de nutrientes esenciales y una fuente de energía y sabor y aroma. La inclusión de la grasa/aceite en el alimento puede incrementar completamente la palatabilidad del alimento para mascotas por el cambio del sabor y el aroma para los canes e incluso hasta cierto punto para los gatos (Case *et al.* 2011). Las etiquetas de los alimentos para canes establecen que contienen una combinación equilibrada de ácidos grasos ω -6 y ω -3. Algunos otros alimentos para canes de tipo seco establecen que exhiben una relación óptima de ω -6: ω -3. La presencia de los ácidos grasos de ω -6 y ω -3 en un equilibrio o en una relación óptima solo en alimentos para canes no es informativa (Beynen 2020). Una ingesta alta en ácido linoleico con la dieta puede inhibir la desaturación del ALA y por consiguiente, su conversión en EPA, DHA y eicosanoides. La combinación de más derivados del ácido linoleico y menos eicosanoides derivados del ALA tiene un efecto pro-inflamatorio (Waldron *et al.* 2012). El ALA se puede convertir a otros ácidos grasos ω -3, especialmente EPA y DHA en el organismo de los canes (Beynen 2020), como también la relación de

ALA, DHA y EPA en los alimentos para canes. Además, el EPA y DHA preformado se puede adicionar en el alimento para canes como componentes de los aceites de pescado. Cuando los alimentos para canes se adquirieron en el mercado, los contenidos de EPA (0,25 g/100g MS) de los alimentos para canes de tipo húmedo fueron significativamente más elevados que los de los alimentos para canes de tipo seco (0,03 g/100g MS). Ahlstrom *et al.* (2004) observaron que los porcentajes de EPA y DHA en el total de ácidos grasos en 12 alimentos comerciales diferentes para canes de tipo seco que pertenecían a adultos grandes y cachorros exhibieron una diferencia significativa entre las marcas. En otro estudio se informó que los porcentajes de DHA en el total de ácidos grasos de los alimentos para canes de tipo seco fueron diferentes en los alimentos para canes con aceite de pescado (2,85 %) y en los alimentos para canes sin aceite de pescado (0,16 %) (Ricci *et al.* 2009). Al final de los 12 meses de almacenamiento, los contenidos de EPA + DHA se redujeron un 13 % (0,26 g/100 g MS) en los alimentos para canes de CP y se redujeron un 50 % (0,17 g/100g MS) en los alimentos para canes de CE. Un estudio para evaluar la estabilidad del ácido graso en una premezcla antioxidante con vitaminas mostró que el EPA, el DHA y el total de los ácidos grasos ω -3 de los alimentos para canes, que estuvieron almacenados durante 6 semanas en una condición de vida útil estresada (40 °C y 70 % de humedad relativa), solo mostró una reducción de 12 %.

En el presente estudio, los aditivos antioxidantes (nivel y tipo) en alimentos para canes de CP podrían haber sido más eficientes en la prevención de la oxidación en los ácidos grasos esenciales ω -3 de cadena muy larga, dependiendo del mayor período de almacenamiento, en comparación con los de los posibles aditivos antioxidantes en los alimentos para canes de CE. En general, después de un almacenamiento de 12 meses, el contenido de EPA + DHA se redujo un 33 % (0,22 versus 0,15 g en 100 g MS) en los alimentos de tipo seco y exhibió una

reducción de 36 % (0,44 versus 0,28) en los alimentos de tipo húmedo. Como un valor promedio, es posible decir que las tasas de pérdida de los ácidos grasos EPA + DHA al final de los 12 meses de almacenamiento se producen a una tasa cercana para ambos tipos de alimentos, y por el proceso de almacenamiento se produce una pérdida significativa. En el presente estudio de vida útil, se observó una correlación negativa entre el nivel de EPA y el incremento de la temperatura de almacenamiento de los productos de tipo seco con un almacenamiento de hasta 12 meses. No se observó correlación entre la temperatura de almacenamiento y los niveles de EPA y DHA en los alimentos de tipo húmedo. Esto indica que el nivel de EPA se reducirá con el incremento en la temperatura de almacenamiento de los alimentos de tipo seco. Se podría decir que los aditivos antioxidantes protegieron el nivel de DHA de la oxidación debido al incremento en la temperatura de almacenamiento en los alimentos de tipo seco, pero no resultaron muy efectivos para el EPA.

El ácido graso ALA ω -3, que es el grupo de ácidos grasos más sensible a la peroxidación lipídica, se degrada en hepta-2, 4 dional y etano durante la autooxidación y eventualmente forma propanol y but-2-enal según lo determinado por los investigadores (Antolovich *et al.* 2002). En el estudio presentado, los contenidos de ALA en los alimentos para canes fueron 0,17 g en los alimentos para canes de CP; 0,11 g en los alimentos para canes de CE; 0,18 g en los alimentos para canes de tipo húmedo y 0,10 g en los alimentos para canes de tipo seco (en 100 g MS). Sin embargo, los contenidos de ALA en los alimentos para canes de tipo seco de CP y los de tipo seco de CE se redujeron significativamente con una correlación negativa con 12 meses de período de almacenamiento, y las estabilidades del ALA en los alimentos para canes de CP fueron mejores que las de los alimentos para canes de CE. En el estudio se observó que la temperatura de almacenamiento generalmente no alteró la estabilidad del ALA en los alimentos para canes. Las

autoridades internacionales informan que los canes adultos alimentados a un nivel de mantenimiento deberían tener un mínimo de 0,08 g de ALA por 100 g MS y un mínimo de 0,05 g de EPA + DHA (NRC, 2006; FEDIAF, 2020). Sin embargo, el nivel de ALA en los alimentos para canes de tipo seco de CE se redujo a 0,05 g/100 g MS después de 12 meses de almacenamiento y mostró que estaba por debajo del límite mínimo para los alimentos para canes establecidos por las autoridades internacionales (NRC, 2006; FEDIAF, 2020). Se observó que los niveles de ALA en los alimentos para canes de CP (tipos seco y húmedo) y CE (tipo húmedo) al final de los 12 meses de almacenamiento estaban por encima del límite mínimo establecido por las autoridades internacionales (NRC, 2006; FEDIAF, 2020) y no habría tenido un efecto negativo sobre las necesidades nutricionales de los canes.

• Conclusiones

Se observó una variación individual entre las empresas comerciales en términos de las concentraciones de IP y MDA de los alimentos para canes cuando se adquirieron en el mercado. Las concentraciones de IP y MDA de los alimentos para canes de tipo seco fueron inferiores a las de los alimentos para canes de tipo húmedo, y estos últimos fueron más susceptibles a la oxidación. En general, el almacenamiento de los alimentos para canes (de clases premium-económica y de tipo seco-húmedo) durante 3 meses a +4 °C no modificó significativamente la concentración de MDA en el alimento, mientras que el almacenamiento de los alimentos a +4 °C durante 6 y 12 meses incrementó la concentración de MDA en los alimentos en 2-2,5 veces.

La cantidad de EPA de los alimentos de tipo húmedo, adquiridos en el mercado, fue significativamente mayor que la de los alimentos de tipo seco. Al momento de la adquisición, los niveles de ALA de los tipos húmedo y seco en los alimentos de CP y de los tipos húmedo en los de CE

estuvieron por encima del valor mínimo requerido establecido según los valores de la norma internacional, pero en los alimentos de clase económica de tipo seco estuvieron por debajo de los valores de la norma internacional. Al final de los 12 meses de almacenamiento, los contenidos de EPA + DHA de los alimentos para canes alcanzó una reducción de 13 % en los alimentos para canes de la clase premium y una reducción de 50 % en los alimentos para canes de clase económica.

Durante el período de almacenamiento de 12 meses de los alimentos para canes, las tasas de pérdida de los ácidos grasos EPA + DHA fueron más cercanas en ambos tipos de alimentos y con la duración del almacenamiento se produjeron pérdidas significativas. El ALA en los tipos secos de los alimentos para canes de clase premium y clase económica se redujo en el período de almacenamiento de 12 meses, y la estabilidad del ALA en los alimentos para canes de clase premium fue mejor que en la de los alimentos para canes de clase económica. La temperatura de almacenamiento durante el período de 12 meses exhibió un efecto negativo significativo sobre el ácido linoleico en los tipos secos de los alimentos de CE y se redujo a 1,30 g/100 g MS, y esto muestra que alcanzó el límite crítico para los canes adultos.

Aprobación ética

En este estudio que fue producido a partir de un proyecto de subvención TÜBİTAK no se utilizaron animales o productos derivados de animales (heces, sangre) que necesitarían una aprobación del comité de ética como materiales de estudio. Por lo tanto, no se solicitó aprobación ética.

Agradecimientos

El artículo fue revisado por el profesor Eugene Steel, que pertenece al *English Department-Erciyes University*, para la corrección de errores tipográficos, gramaticales, ortográficos, de puntuación y sintácticos. Me gustaría agradecer a Delal YAVUZ y S. Bilge KAYA por su

ayuda durante la fase de laboratorio.

Declaración de divulgación

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Financiamiento

Este estudio fue basado en el proyecto de subvención TÜBİTAK (TÜBİTAK 1002) respaldado por el número de proyecto 1190079 otorgado por el Consejo de Investigación Científica y Tecnológica de Turquía – TÜBİTAK, Ankara, Turquía.

ORCID

Kanber Kara <http://orcid.org/0000-0001-9867-1344>

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos utilizados para respaldar los hallazgos de este estudio están disponibles y se pueden solicitar al autor de correspondencia, [iniciales]. Los datos no están disponibles públicamente debido a restricciones, es decir, que contienen información que podría comprometer la privacidad de los participantes de la investigación.

Para citar este artículo: Kanber Kara (2021). *Effect of stocking conditions on fatty acid composition and oxidation capacities of different class and type dog food*, *Italian Journal of Animal Science*, 20:1, 1042-1053.

DOI: 10.1080/1828051X.2021.1939805

© 2021 El/los Autor(es) Publicado por Informa UK Limited, que comercia como Taylor & Francis Group.

• Referencias

Las Referencias Bibliográficas correspondientes al presente artículo pueden ser consultadas en el Anexo Referencias Bibliográficas ubicado al final de la versión A&G Digital de la Edición 140. Lo invitamos a acceder a nuestra publicación online en el siguiente enlace: www.asaga.org.ar/ag-digital ■

Desde las sombras al escenario central: los epóxidos en la oxidación lipídica y la salud humana



AUTOR: GEORGE HALE
E-mail: halegr@gmail.com

Material extraído de la edición de junio de 2025 de INFORM, Volumen 36 (6) y publicado bajo la expresa autorización de sus editores.

Resumen / Abstract

Las técnicas analíticas más avanzadas han demostrado que los epóxidos, antes considerados secundarios en la oxidación lipídica, son más frecuentes de lo estimado en aceites, alimentos y tejidos biológicos, cuestionando los modelos tradicionales. Estas moléculas altamente reactivas se generan por diversas vías durante el almacenamiento o calentamiento de los aceites. Aunque algunos epóxidos naturales tienen funciones beneficiosas en la señalización celular, otros pueden ser proinflamatorios y presentar riesgos para la salud, como muestran estudios en animales. Las investigaciones futuras deben centrarse en métodos analíticos más sensibles, la caracterización estructural, las vías de formación y el destino digestivo para evaluar los posibles efectos en la salud humana.

Recent analytical techniques have revealed that epoxides, once considered minor players in lipid oxidation, are far more common in oils, foods, and biological tissues than previously thought, challenging established models of lipid oxidation. Epoxides are highly reactive molecules that can form through multiple pathways during lipid oxidation in stored or heated oils. The health effects of epoxides remain uncertain; while some naturally occurring epoxides play key roles in cell signaling, others may contribute to inflammation, and animal studies suggest potential negative health impacts from high intake. Future research priorities include developing more sensitive analytical methods to detect epoxide concentrations, understanding their structures and formation pathways, and determining their fate in the human digestive system to properly assess potential health risks.

Palabras claves / Key words

Epóxidos; oxidación lipídica; aceites; salud humana; métodos analíticos.

Epoxides; lipid oxidation; oils; human health; analytical methods.

Durante el siglo pasado, lo que se inició en gran medida como una búsqueda para averiguar por qué los aceites y otros alimentos se vuelven rancios, y desarrollan aromas y sabores desagradables, se ha convertido en una rama de investigación integral sobre las complejidades de la oxidación lipídica. Los métodos analíticos nuevos están impulsando un cuerpo crecien-

te de evidencia que muestra que los modelos previos de oxidación lipídica han malinterpretado la formación y el comportamiento de los epóxidos.

Una vez considerados como un jugador secundario para los productos de oxidación bien conocidos como los hidroperóxidos y aldehídos, los investigadores ahora están observando cantidades signi-

ficativas de epóxidos en aceites, alimentos, e incluso tejidos biológicos. Con los métodos analíticos nuevos, los estudios están mostrando que los epóxidos son mucho más comunes que lo pensado en décadas pasadas. “Los epóxidos parecen ser un producto subestimado de la oxidación lipídica”, dijo Marc Pignitter, profesor de química alimentaria analítica en la Universidad de Viena, en Austria.

Los epóxidos parecen cumplir un papel complejo en la oxidación lipídica, y esto plantea la siguiente pregunta: ¿Por qué han sido pasados por alto durante tanto tiempo? A su vez, como los epóxidos reaccionan con el ADN y las proteínas podrían cumplir papeles en aspectos de la salud humana que son tanto útiles como perjudiciales.

• Saliendo de las sombras

En un trabajo publicado en 2024 en la revista *Free Radical Research*, Karen Schaich, profesora adjunta de ciencias de los alimentos en la Universidad Rutgers, en New Brunswick, Nueva Jersey, documentó la historia de la investigación sobre la oxidación lipídica y la importancia de los estudios futuros sobre los epóxidos (<https://doi.org/10.1080/10715762.2023.2277142>). Las primeras investigaciones sobre la oxidación lipídica se focalizaron en lo que produce que los aceites cambien de color y desarrollen los aromas y sabores indeseados a lo largo del tiempo. Para la década de 1940, los estudios ya habían identificado una reacción en cadena en donde el oxígeno se adhería a las olefinas insaturadas en los lípidos para formar radicales libres. Dichos radicales libres luego extraen los átomos de hidrógeno de los ácidos grasos para formar hidroperóxidos. La investigación sistemática adicional detalló como los factores como la temperatura, el pH y el grado de insaturación de un lípido influyen sobre las tasas de oxidación.

Durante las décadas siguientes, las investigaciones descubrieron más detalles sobre la oxidación lipídica. Los investigadores comenzaron a medir como los radicales peroxilo interactuaban con otras moléculas y observaron que algunos enlaces dobles carbono-carbono en los ácidos grasos cambiaban su forma. Los estudios también comenzaron a investigar la descomposición de los hidroperóxidos como los radicales alcoxilo. Sin embargo, los trabajos sobre epóxidos siguieron siendo esca-

sos, debido en parte a las dificultades para su detección.

Esto comenzó a cambiar en la década de 1970 con el desarrollo de la cromatografía de gases y la espectrometría de masas (GC-MS). Por entonces, los científicos comenzaron a detectar cantidades pequeñas de epóxidos y determinaron que posiblemente estaban formados por radicales peroxilo que se adherían a los enlaces dobles en los ácidos grasos. Los estudios también observaron epóxidos en las monocapas lipídicas, y esto significa que se podrían formar en las membranas biológicas. Para la década de 1980, los estudios descubrieron el potencial de los epóxidos para reaccionar con el ADN y las proteínas. En este punto, la comunidad investigativa comenzó a prestar más atención a los epóxidos y presentaron distintas vías para la formación de epóxidos lipídicos.

• Un anillo

Hoy sabemos que los epóxidos se pueden formar por varias vías diferentes. “En los últimos años, se han descubierto vías formadoras de epóxidos”, dijo Magdalena Osowiecka, una estudiante de investigación de posgrado de la Universidad de Viena durante una presentación en la Reunión Anual de AOCS de 2024. “Las nuevas técnicas analíticas pueden detectar los distintos productos de la oxidación lipídica”.

La primera de dichas vías, que fue propuesta a fines de la década de 1950, y luego confirmada, es la adición de un radical peroxilo al enlace doble carbono-carbono. Los epóxidos también se pueden formar mediante reacciones con radicales alcoxilo, un reordenamiento molecular catalizado por metales y reacciones de escisión.

Así como los epóxidos se pueden formar usando distintas vías, también exhiben una variedad de formas. El componente definitivo de un epóxido es su anillo de tres miembros que consiste en un átomo

de oxígeno adherido a dos átomos de carbono. La tensión de la forma del anillo del epóxido es altamente reactiva. Los epóxidos difieren de acuerdo con donde se ubica la estructura del anillo. Un anillo de epóxido que se ubica en el medio de la cadena de carbono del ácido graso se conoce como un epóxido interno. Un epóxido en un extremo se denomina terminal.

Los epóxidos internos tienden a ser más estables porque los carbonos adyacentes brindan un mayor grado de estabilidad. Por otro lado, como el anillo de epóxido se encuentra en el final de la cadena, los epóxidos externos son más reactivos. Esta mayor reactividad podría hacer que los epóxidos terminales posiblemente sean mutagénicos o citotóxicos, pero se necesitan más investigaciones (Ver Figura 1).

• Los epóxidos y la salud

Los epóxidos se forman en el tiempo durante el cual los aceites son almacenados y también se pueden producir cuando los aceites se calientan durante la cocción. Sin embargo, las investigaciones nuevas están descubriendo que la formación de los epóxidos no se limita a



los aceites vegetales viejos y calentados. “Nosotros y otros hemos demostrado que los epóxidos en realidad son bastante abundantes en los aceites vegetales frescos”, dijo Pignitter.

Los epóxidos también se forman en el cuerpo. Por ejemplo, las enzimas endógenas del citocromo P450 pueden metabolizar los ácidos grasos poliinsaturados en epóxidos. En algunos casos, dichos epóxidos y algunos de los aceites oxidados podrían tener impactos positivos para la salud. Por ejemplo, algunos de los epóxidos producidos por el citocromo P450 cumplen funciones cruciales en la señalización celular y otros procesos biológicos.

Sin embargo, otros epóxidos tienen potencial para ser perjudiciales, y posiblemente causen inflamación. Además, algunos metabolitos de los epóxidos resultantes de los lípidos que las enzimas descomponen, como la epóxido hidrolasa soluble (sEH), también podrían contribuir a la inflamación y otros problemas de salud.

Los riesgos potenciales de consumir ácidos grasos epoxidados dependen del consumo diario de una persona. Un estudio de 2018 encontró que los europeos consumían un promedio de aproximadamente 105 mg de lípidos epoxidados por día. Esto es aproximadamente 1.000 veces mayor que el umbral de lo toxicológicamente seguro que es de 0,09 mg por día. No obstante, este valor no se basa en datos de toxicidad de ácidos grasos epoxidados específicos, y por lo tanto el riesgo real sigue siendo incierto, dijo Pignitter.

Los conocimientos de los efectos de los epóxidos sobre la salud humana dependen de estudios con animales y de pruebas *in vitro* que usen cultivos de células humanas. Múltiples estudios han encontrado una mayor inflamación con los niveles elevados de consumo de epóxidos. Un estudio de 2018 que usó cultivos de células humanas como análogo del tejido epitelial intestinal demostró

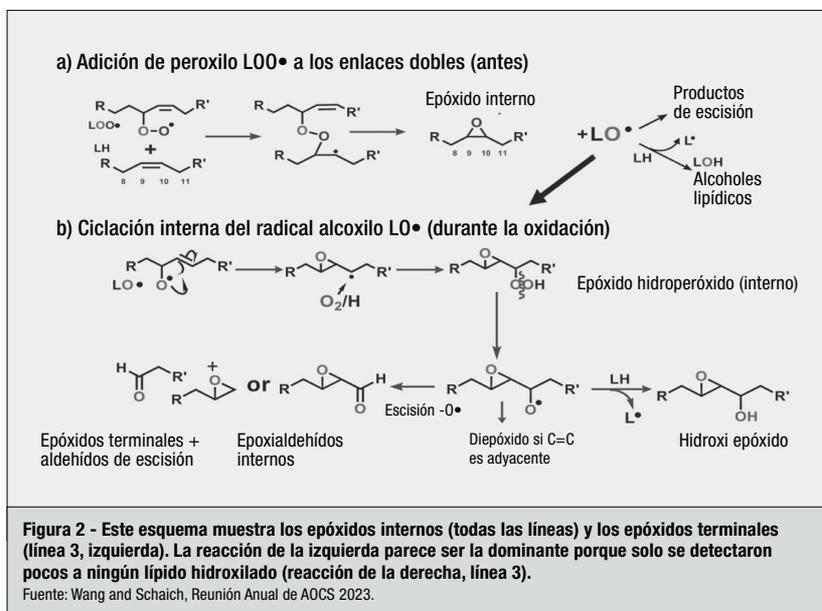
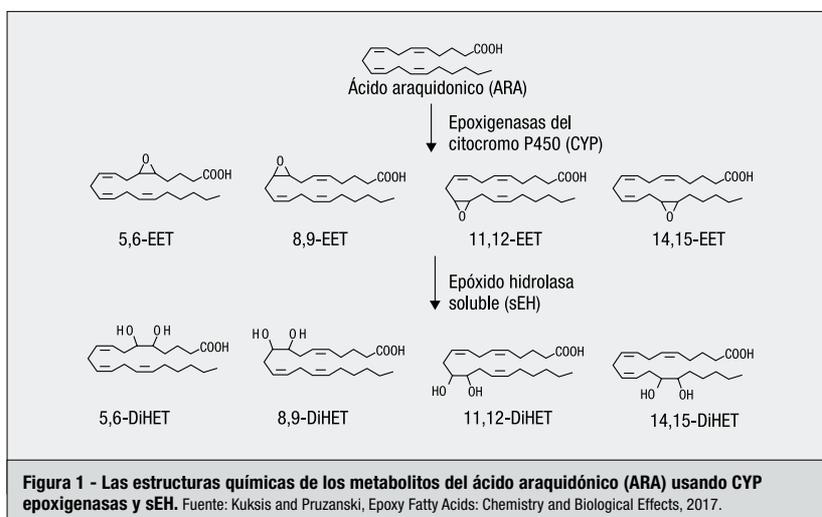
un incremento notable de los marcadores inflamatorios después de la exposición a los epóxidos.

Un estudio con animales en 2025, escrito en colaboración por Osowiecka, se focalizó en como los tejidos del hígado y los intestinos en ratones de laboratorio reaccionaban al aceite de oliva oxidado. Los investigadores encontraron que el aceite de oliva oxidado alteró el metabolismo lipídico e indujo inflamación en ambos órganos. Notablemente, identificaron el ácido 9,10-epoxiesterario, un ácido graso epoxidado, como un mediador lipídico dietario que regula al alza a la sEH. El estudio también encontró perfiles de

oxilipinas alteradas, β -oxidación mitocondrial y cambios en el microbioma intestinal. Estos hallazgos desafían la suposición de que el aceite de oliva inherentemente es un promotor de la salud, especialmente cuando se utiliza como aceite de cocina a temperaturas elevadas (Ver Figura 2).

• **Riesgo no garantizado**

No obstante, aunque los estudios con modelos animales y cultivos celulares apuntaron a riesgos intensificados de inflamación, el efecto real sobre los humanos no resulta claro. En 2020, un



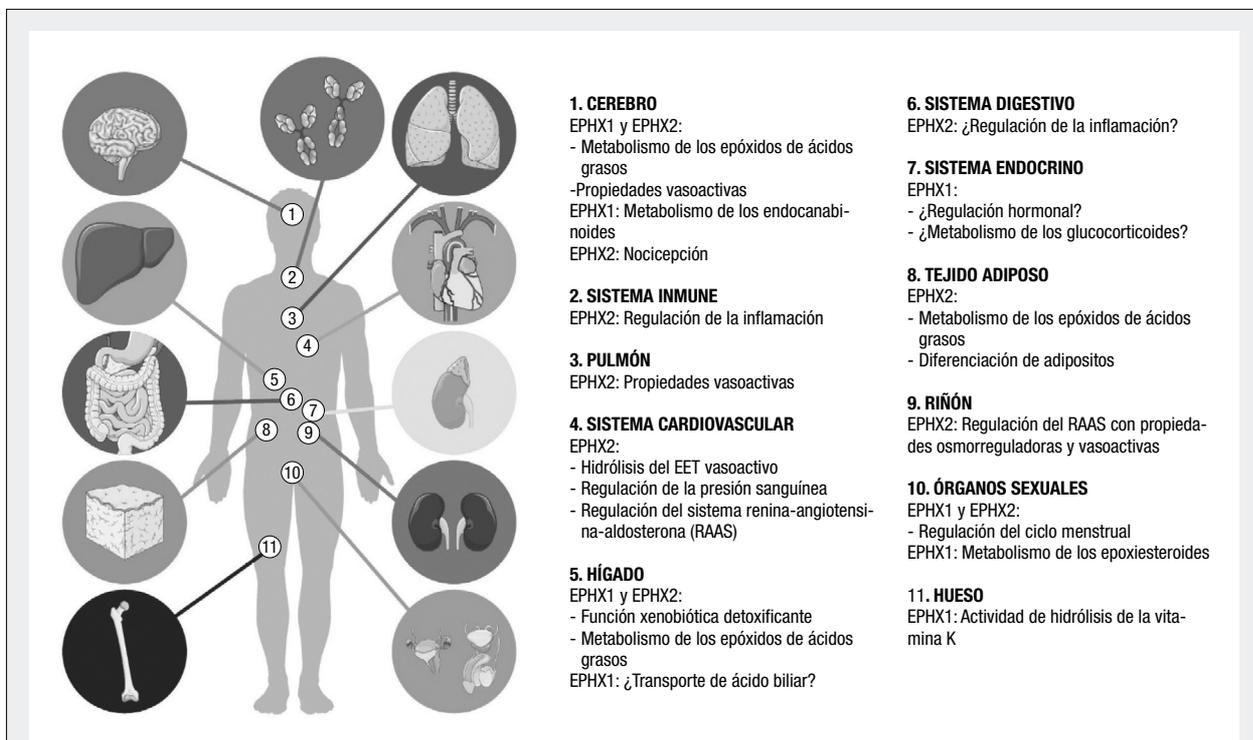
capítulo de libro denominado “Toxicity of Lipid Oxidation Products Consumed in the Diet” (toxicidad de productos de oxidación lipídica consumidos en la dieta), Schaich discute los riesgos para la salud del consumo de epóxidos y cuán desafiante es determinar exactamente cuán perjudiciales son dichos productos.

Por ejemplo, los estudios con animales no reflejan realísticamente las cantidades de lípidos epoxidados que las perso-

nas realmente consumen. Con frecuencia, a los animales se les administran grandes dosis de lípidos de una única fuente de lípidos mientras que los seres humanos tienen una dieta variada. De manera similar, los estudios de las células humanas no capturan completamente como funciona el cuerpo como sistema. El ácido gástrico y las enzimas en el sistema digestivo podrían afectar las concentraciones de epóxidos y su absorción. “El cuerpo humano es muy complejo y

también conocemos que se puede defender”, dijo Pignitter.

El ambiente local del propio alimento también afecta a los epóxidos. La cocción causa su formación y también conduce a su descomposición. Al mismo tiempo, el agua, los ácidos y las proteínas interactúan con los epóxidos. Además, los antioxidantes como los presentes naturalmente en los alimentos y los adicionados durante el procesamien-



Enzimas epóxido hidrolasa asociadas con las funciones biológicas, algunas continúan siendo hipotéticas ya que los hallazgos asociados aún no han sido replicados o requieren más investigaciones. Fuente: Gautheron and Jéru, Int. J. Mol. Sci. 2021 via CC BY 4.0.

• **Lípidos dietarios comunes y epóxidos asociados formados de manera endógena**

Aunque existen preguntas sobre los epóxidos en los aceites, el cuerpo humano produce varios de ellos a partir de diversos ácidos grasos a través de una familia de enzimas metabólicas conocida como el citocromo P450. Aquí se detallan algunos ácidos grasos comunes y sus epóxidos endógenos asociados:

- Ácido linoleico (presente en los aceites de maíz, girasol y soja)
 - Ácidos epoxioctadecenoicos (también conocidos como leucotoxinas)
 - Pueden proteger el corazón en concentraciones bajas, pero podrían estar vinculados con la inflamación con dosis más elevadas
- Ácido araquidónico (presente en carnes, huevos y algunos aceites de pescado)
 - Ácidos epoxieicosatrienoicos
 - Asociados con respuestas antiinflamatorias y regulación de la presión sanguínea
- Ácido eicosapentaenoico (EPA, presente en pescados grasos)
 - Ácidos epoxieicosatetraenoicos
 - Antiinflamatorios y cardioprotectores
- Ácido docosahexaenoico (DHA, presente en pescados)
 - Ácidos epoxidocosapentaenoicos
 - Modulan la inflamación

to para incrementar la vida útil podrían influir en la oxidación lipídica. El equipo de investigación de Pignitter está analizando como dichas condiciones afectan a los epóxidos. “Queremos ver si lo que sucede *in vitro* también sucede *in vivo*”, dijo Pignitter.

Se necesitan más estudios que indiquen los posibles riesgos para la salud que consideren al cuerpo humano como un sistema y tengan en cuenta los distintos tipos de epóxidos. “Existen numerosas posibilidades distintas a investigar”, dijo Pignitter: “Esto es complejo”.

Debido a los posibles peligros que presenten los lípidos epoxidados, resulta importante desarrollar directivas relativas a la cantidad que las personas pueden consumir de manera segura. Pero las incertidumbres que rodean a este tema requieren un mejor entendimiento de los tipos y las cantidades de epóxidos en los alimentos, junto con la manera en que dichas sustancias se comportan en el cuerpo humano después de la ingesta. “Necesitamos más evidencia, y que sea más fuerte”, dijo Pignitter

• Analizando estos asuntos

Gracias a los avances en los métodos analíticos, los estudios recientes y en curso están ayudando a esclarecer la formación y la reacción de los epóxidos, y también sus potenciales impactos sobre la salud. En su trabajo de 2024, Schaich destaca que la falta de métodos analíticos lo suficientemente sensibles y específicos posiblemente hayan sido la causa por la cual los investigadores no hayan podido conocer la importancia de los epóxidos en la oxidación lipídica hasta hace poco.

Los primeros métodos no pudieron detectar grandes cantidades de epóxidos, o los investigadores simplemente no los estaban viendo. Los ensayos químicos como la valoración pueden indicar lípidos epoxidados, pero como los epóxidos terminales son altamente reactivos esos

ensayos podrían no encontrar epóxidos internos. Los ensayos químicos tampoco pueden distinguir fácilmente los tipos de epóxidos ni decirnos nada sobre la estructura de dichas moléculas.

Los investigadores comenzaron a detectar los lípidos epoxidados usando GC-MS en la década de 1970. Sin embargo, la técnica volatiliza una muestra lipídica, que puede inducir a la oxidación. Además, las temperaturas elevadas de los puertos de inyección de la GC-MS podrían causar la descomposición de los epóxidos. Los desarrollos posteriores en la cromatografía líquida-espectrometría de masas (LC/MS) y los métodos de GC-MS más avanzados que reducen la posibilidad de que el calor dañe los lípidos epoxidados abordaron este problema, permitiendo un estudio más detallado de los epóxidos. “Un par de años atrás desarrollamos un método de LC-MS que no necesitaba tratamiento térmico”, dijo Pignitter.

La imagenología de resonancia magnética nuclear (RMN) es otro método que los investigadores están usando para analizar la oxidación lipídica. Los primeros métodos de RMN son un poco limitados, pero las nuevas técnicas de RMN más avanzadas pueden ofrecer información detallada de las estructuras de los epóxidos sin tener que aislar primero a los epóxidos. Poder observar la posición de un anillo epóxido permite a los investigadores determinar con precisión sus orígenes de ácido graso y como podrían interactuar con los sistemas del cuerpo. Pignitter dice que su equipo pronto estará trabajando con investigadores de la Universidad de California en Davis para recolectar información detallada sobre las estructuras de los epóxidos y sus efectos sobre la salud.

Además de los métodos analíticos más sensibles, los investigadores de la oxidación lipídica necesitarán volver a evaluar como realizan sus experimentos. En algunos casos, la manipulación de las muestras podría influir en la formación y la descomposición del epóxido de

maneras inesperadas. Por ejemplo, los epóxidos son reactivos en los ambientes ácidos y alcalinos que se utilizan en el laboratorio. Schaich resaltó la necesidad de procedimientos de laboratorios estandarizados que limiten la manipulación de la muestra para delimitar dichas incertidumbres.

• La búsqueda de nuevas vías

El rápido crecimiento del interés por los epóxidos de alguna manera refleja el giro de la investigación desde las simples reacciones en cadena de los radicales a la descomposición de los hidroperóxidos y otros productos observada en las décadas de 1960 y 1970. Con los métodos analíticos más avanzados, los investigadores podrán detectar menores concentraciones de epóxidos para entender sus estructuras y su actividad. Esto explicaría sus vías de formación y descomposición bajo distintas condiciones y sus funciones en el modelo complejo e interconectado de la oxidación lipídica. “El desarrollo de técnicas analíticas altamente avanzadas resulta crucial”, dijo Pignitter.

De manera similar, estudios adicionales sobre los epóxidos en los aceites comúnmente consumidos serán cruciales para la salud. Aunque algunas evidencias sugieren posibles riesgos, los epóxidos también cumplen una función crítica en la señalización celular y otros procesos. Por lo tanto, algunos lípidos epoxidados y sus metabolitos podrían resultar beneficiosos. Los científicos necesitan diseñar estudios que utilicen dosis de lípidos y composiciones dietarias más reales. También necesitan determinar el destino de los epóxidos y sus metabolitos. Además, se requieren más investigaciones sobre como el calentamiento y el reuso de los aceites de cocina afectan las concentraciones de epóxidos.

En su trabajo de 2020, Schaich destaca como el sistema digestivo y el hígado expresan enzimas, tales como la glu-

tación peroxidasa, la sEH y la aldehído deshidrogenasa, que pueden descomponer a los epóxidos. Los próximos estudios necesitarán abordar estos mecanismos, como así también las acciones y el destino de los metabolitos, que también podrían causar inflamación. Los investigadores de lípidos tendrán que producir estudios detallados y realísticos de los epóxidos en los sistemas humanos.

• Pasado, presente y futuro

Las investigaciones sobre la oxidación lipídica han evolucionado significativamente en los últimos 90 años. Lo que comenzó como un intento por determinar con precisión que hacía que los aceites se volvieran rancios ha crecido para convertirse en un campo de estudio multifacético. A medida que los investigadores han ido recopilando conocimientos, han desarrollado métodos analíticos nue-

vos que resultaron en una valiosa percepción de las formas en que los lípidos se oxidan.

La capacidad de los científicos para detectar y caracterizar los epóxidos reescribe el libro sobre la oxidación lipídica. Las investigaciones hoy muestran que los epóxidos son tan, o más comunes en los lípidos oxidados que los radicales y los compuestos como los hidroperóxidos. Esto indica que el modelo simple de reacción en cadena utilizado por décadas no captura la oxidación lipídica con exactitud.

Las próximas investigaciones tendrán que incluir un mayor detalle de las estructuras y las acciones de los epóxidos. Las investigaciones tendrán que continuar desarrollando nuevos métodos analíticos con menores límites de detección de epóxidos durante todo el proceso de oxidación para determinar la

formación de los epóxidos y los cambios estructurales de los distintos ácidos grasos bajo distintas condiciones de oxidación. De manera similar, los científicos tendrán que establecer los impactos bien definidos para la salud de los epóxidos y sus metabolitos para limitar la incertidumbre y también informar las directivas dietarias futuras, si fuese necesario.

Independientemente de como cambien las investigaciones sobre la oxidación lipídica, los epóxidos salieron de las sombras para reclamar un papel central en el campo. A medida que el campo continúa evolucionando, los investigadores ya no podrán permitirse el lujo de pasar por alto a los epóxidos lipídicos.

George Hale es un escritor independiente de ciencia y tecnología en Pearland, Texas. Puede ser contactado en halegr@gmail.com ■



Instituto Químico Argentino S.A.

WhatsApp +54 11 5261 4534

OAA

Organismo Argentino de Acreditación

Laboratorio de Ensayo LE 134

Ver alcance acreditado en www.oaa.org.ar

**30 AÑOS
RESULTADOS CONFIABLES
CRECIENDO JUNTO AL
AGRO-EXPORTADOR**

Análisis Físico-Químicos

- ✓ Semillas, oleaginosas.
- ✓ Cereales, subproductos, harinas.
- ✓ Aceites, grasa, sebos.
- ✓ Oleinas, lecitinas.
- ✓ Harinas de carne y hueso.
- ✓ Ácidos grasos trans.
- ✓ Alimentos, saborizantes, mayonesas, snacks.
- ✓ Productos orgánicos.
- ✓ Microbiología.
- ✓ Detección de pesticidas / herbicidas / plaguicidas.
- ✓ Condiciones químico / sanitarias / toxicológicas.



FOSFA

SENASA



Livsmedelverket
Swedish Food Agency

Alsina 943 8° Piso - Oficina 807
(C1018AA) Ciudad de Buenos Aires - Argentina
Tel./fax.: +54 (011) 4334 3126 (rot.)

consultas@institutoquimicoarg.com.ar

www.institutoquimicoarg.com.ar

@iqasaok   

Cuando los antioxidantes se convierten en prooxidantes



AUTOR: JIM KLING
E-mail: jkling@gmail.com

Material extraído de la edición de junio de 2025 de INFORM, Volumen 36 (6) y publicado bajo la expresa autorización de sus editores.

Resumen / Abstract

La oxidación de los ácidos grasos ha sido largamente estudiada; la misma se puede contrarrestar adicionando antioxidantes como el α -tocoferol a los alimentos o aceites envasados, para eliminar los radicales libres que causan la oxidación y la rancidez. Como antioxidante natural, el α -tocoferol protege a los lípidos de la oxidación, pero, a medida que aumenta su concentración, es posible que se oxide y se convierta en un prooxidante. En este trabajo se compararon aceites con diferentes porcentajes de α -tocoferol, para evaluar su desempeño. Se determinó que una concentración de 0,5 % fue más adecuada que la del 2,0 % para prevenir la formación de hidroperóxidos, aunque los resultados solo se aplican al sistema de prueba ensayado. El α -tocoferol tiene una elevada aceptación por parte de los consumidores, que se han vuelto más conscientes de su salud debido a las inquietudes generadas respecto de las grasas saturadas, y esta es una razón importante para optimizar su actividad antioxidante.

The oxidation of fatty acids has been extensively studied; it can be counteracted by adding antioxidants like α -tocopherol to packaged foods or oils, to eliminate the free radicals that cause oxidation and rancidity. As a natural antioxidant, α -tocopherol protects lipids from oxidation, but as its concentration increases, it may oxidize and become a pro-oxidant. In this work, oils with different percentages of α -tocopherol were compared to evaluate their performance. It was determined that a concentration of 0.5% was more suitable than 2.0% for preventing the formation of hydroperoxides, although the results only apply to the tested system. α -tocopherol has high acceptance among consumers, who have become more health-conscious due to concerns raised regarding saturated fats, and this is an important reason to optimize its antioxidant activity.

Palabras claves / Key words

Antioxidantes; α -tocoferol; prooxidantes.

Antioxidants; α -tocopherol; prooxidants.

...

- La industria alimentaria puede haber simplificado demasiado las reacciones de la oxidación lipídica cuando las grasas poliinsaturadas, más saludables pero fácilmente oxidables, fueron presentadas como un ingrediente.
- En ese momento, la suposición era que la adición de antioxidantes a los alimentos que contenían grasas poliinsaturadas, ralentizaría las reacciones de oxidación indeseadas y extendería la vida útil.
- Pero, una mayor cantidad de estudios mostró que la adición de una elevada cantidad de antioxidantes, puede conducir a un crecimiento de las reacciones de oxidación.
- Se necesitan investigaciones adicionales para optimizar las concentraciones de los antioxidantes y para entender mejor sus efectos sinérgicos con otros aditivos.

Estos hallazgos, de hace dos décadas, que consideraban que las dietas bajas en ácidos grasos saturados (SFA, en inglés) estaban asociadas con menores riesgos cardíacos, aparentemente debido a un incremento en el colesterol de lipoproteínas de baja densidad (C-LDL), promovieron directivas dietarias en EE.UU. y alrededor del mundo, que limitan a la ingesta de SFA por debajo de 10 % del total de las calorías (<https://doi.org/10.1016/j.jacl.2021.09.049>). Eso

llevó a los fabricantes de alimentos a reformular sus productos envasados, para incluir una mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). El problema es que los PUFA son vulnerables a la oxidación, lo que reduce su vida útil en comparación con los productos que contienen SFA.

La oxidación de los ácidos grasos ha sido largamente considerada como un proceso relativamente simple, que se podría contrarrestar adicionando antioxidantes como el α -tocoferol a los alimentos o aceites envasados, para eliminar los radicales libres que causan la oxidación y la rancidez.

No obstante, el mayor énfasis respecto de los PUFA en los alimentos envasados ha llevado a un examen profundo de los mecanismos de la oxidación y a la creciente sospecha de que el α -tocoferol y tal vez otros antioxidantes, puedan comportarse como prooxidantes a concentraciones más elevadas.

En el sentido más simple, la oxidación se inicia en los aceites vegetales cuando el oxígeno molecular reacciona con los lípidos para generar los radicales libres. Estas especies químicas presentan un electrón desapareado y crean un estado de alta energía, que puede apagarse mediante reacciones con ácidos grasos insaturados. Esto produce más radicales libres que reaccionan aún más, hasta que eventualmente produ-

cen derivados químicos oxigenados que se descomponen a través de distintos mecanismos. El proceso conduce a la rancidez y a sabores desagradables y acorta la vida útil del producto.

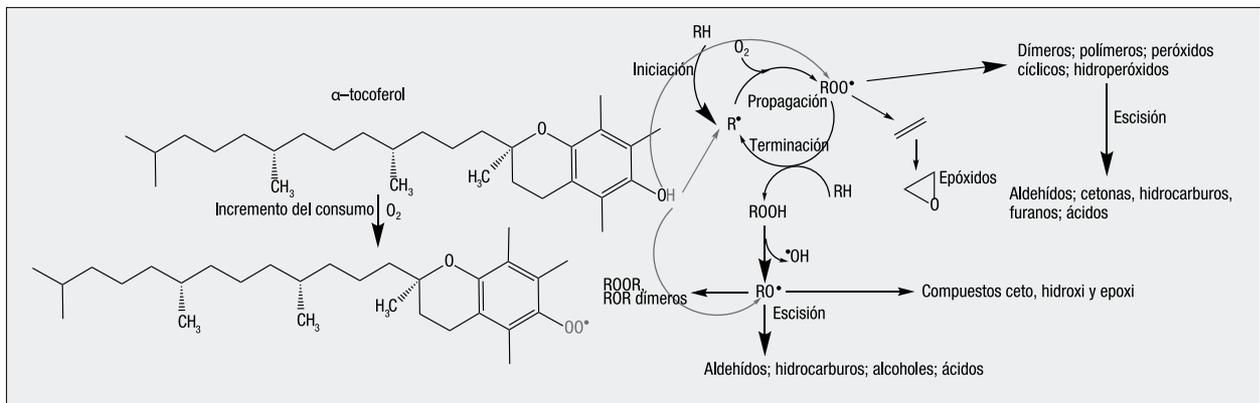
Los antioxidantes representan una estrategia para contrarrestar este problema. Estas moléculas trabajan reaccionando con esos radicales libres, neutralizándolos rápidamente antes de que puedan causar mucho daño. La reacción produce un radical libre derivado del antioxidante, pero la característica estructural de los antioxidantes fenólicos le brinda al radical una mayor estabilidad, por la deslocalización electrónica y forma productos que eventualmente detienen la reacción en cadena del radical libre.

Esto podría plantear una solución simple: la adición de antioxidantes a los productos alimenticios haría que los aceites que contienen deberían mantenerse estables y una mayor cantidad debería ser mejor. No es así, dice Zhehan Jiang, un doctorando en la Universidad Dalhousie, en Halifax, Nueva Escocia, Canadá. De hecho, explica que el α -tocoferol, uno de los más activos captadores de radicales libres de las ocho formas de la vitamina E, se puede convertir en un prooxidante a concentraciones más elevadas. Este hallazgo contra-intuitivo que indica que el α -tocoferol puede ser un prooxidante, representa un desafío para la industria del aceite comestible.

• Un problema altamente matizado

Los mecanismos de la oxidación lipídica que los investigadores identificaron en las décadas de 1970 y 1980, fueron un medio efectivo para visualizar el origen de la rancidez durante un tiempo prolongado. En particular, durante la era de los alimentos procesados bajos en o exentos de grasas durante la década de 1990, porque dichos alimentos contenían pocas grasas a oxidar. Pero, a principios de la década de 2010, cuando los científicos de alimentos se focalizaron en los PUFA por sus beneficios para la salud, surgió la necesidad de proteger a los aceites de la oxidación. En este punto, los modelos de oxidación lipídica debieron ser reconsiderados.

A partir de allí, los investigadores adquirieron un mayor conocimiento de como el oxígeno, la luz, las enzimas y el calor inducen la oxidación en los aceites. Resulta claro como los compuestos polares de los aceites y los aldehídos oxidados actúan como prooxidantes y como la presencia de humedad o de fosfolípidos modifica la actividad antioxidante de un compuesto. Los científicos también se han dado cuenta que hay factores que afectan la solubilidad del oxígeno en una matriz lipídica. En general, hoy se comprende que los compuestos anfífilicos menores retenidos después del procesamiento, incluyendo ácidos grasos libres, monoacilglicéridos y fosfolípidos, afectan la estabilidad oxidativa de una matriz de aceite a gra-



Como antioxidante natural, el α -tocoferol protege a los lípidos de la oxidación, proporcionando hidrógeno a los radicales. Pero, a medida que aumenta su concentración, es posible que el α -tocoferol se oxide en primer lugar, convirtiéndose en un prooxidante. Fuente: Jiang.

nel (<https://doi.org/10.1007/s10068-023-01359-1>).

Por otro lado, las emulsiones son sistemas aún más complicados que los aceites a granel. La lista de factores que afecta las tasas de la oxidación lipídica en una emulsión es abrumadora: las estructuras químicas de los lípidos, la concentración de oxígeno, la presencia de antioxidantes y los iones de metales de transición como prooxidantes, las características de las gotitas, las características interfaciales y las interacciones con los componentes de la fase acuosa, como sales, azúcares, polisacáridos, aminoácidos, proteínas y surfactantes. Por todos estos factores, no resulta fácil simplificar y predecir la capacidad antioxidante, en particular en el caso de un alimento que contiene un lípido.

No obstante, los investigadores como Jiang están trabajando para comprender mejor como optimizar los antioxidantes y proteger los lípidos insaturados de la oxidación.

• Una mirada continua de los mecanismos

Tal como otros antioxidantes, el α -tocoferol reacciona con un radical libre existente antes de reaccionar con el oxí-

geno. El α -tocoferol dona el hidrógeno de su grupo hidroxilo, restaurando al lípido a su estado original y dejando un radical de oxígeno sobre el tocoferol. La presencia de un anillo aromático y otros elementos estructurales ayuda a estabilizar el radical tocoferol, haciéndolo menos reactivo y permitiendo que reaccione inofensivamente con otras moléculas, además de los lípidos. Esto regenera el α -tocoferol, permitiéndole que continúe para captar los radicales lipídicos y, por consiguiente, proteger a los lípidos de la oxidación.

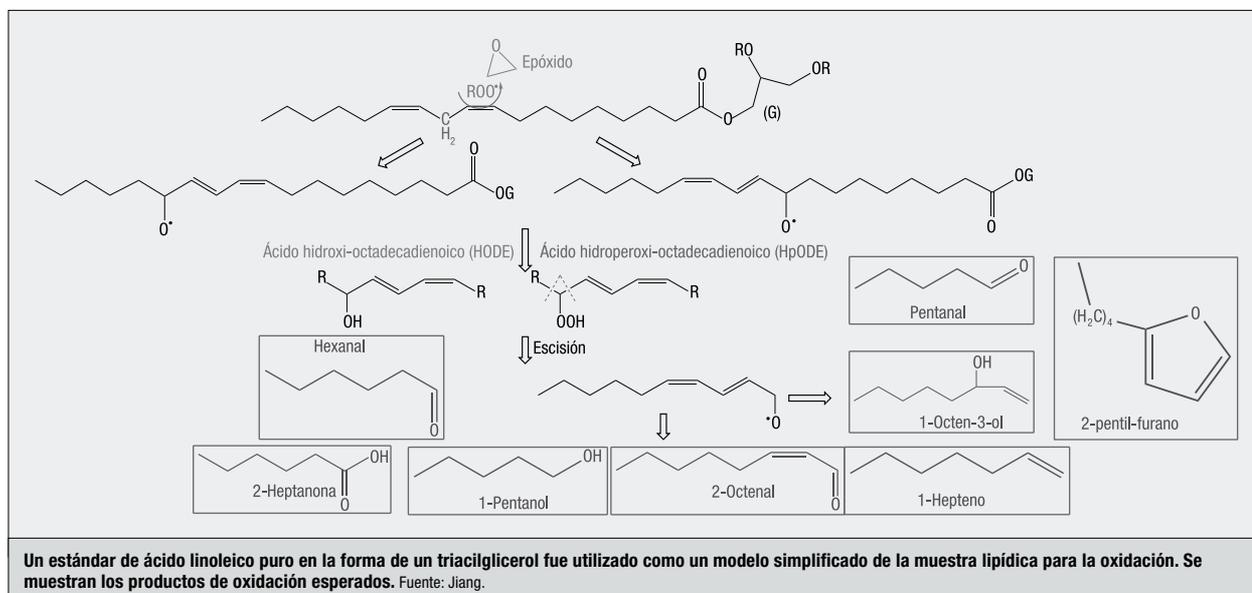
Esto ha sido una vista general de como trabaja el α -tocoferol, pero existen evidencias más nuevas que indican, como sucede con tantos aspectos de la oxidación, que la situación es más compleja. Según Jiang, cuando un α -tocoferol se encuentra presente en mayores concentraciones, actúa como un prooxidante, generando radicales nuevos debido a la menor cantidad de fenoles sustituidos.

La efectividad de los antioxidantes depende en gran medida del equilibrio entre las tasas de las reacciones de inhibición y las reacciones de transferencia de cadena. Además de las reacciones de inhibición, como la donación de hidrógeno por un átomo y la deslocalización electrónica, los antioxidantes también experimentan reacciones de transferencia en los sustratos lipídicos, regene-

rando los radicales peroxilo y participando en la oxidación lipídica. Para el α -tocoferol, a medida que aumenta su concentración, las reacciones de transferencia de cadena podrían volverse dominantes, acelerando la oxidación lipídica.

Para comprender mejor los mecanismos detrás del α -tocoferol, Jiang analizó un sistema modelo usando un triacilglicerol compuesto por ácido linoleico puro. Empleó la microextracción en espacio de cabeza (HS-SPME) combinada con una cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS), para identificar los productos de oxidación volátiles y no volátiles.

El método incluye la incubación de la muestra en un horno a 40 °C por hasta 20 días y la recolección de los volátiles usando la SPME para el análisis de la GC. Jiang tomó muestras del sistema de prueba en varios momentos, para determinar la cantidad y la identidad de los productos de oxidación volátiles. Para los productos de oxidación no volátiles, utilizó un proceso de 3 pasos para la preparación de la muestra. Tomó muestras de la mezcla en varios momentos en el tiempo, luego trató la muestra para liberar el ácido linoleico de su forma de triacilglicerol y crear derivados de éster metílico. Luego utilizó una extracción de fase sólida para extraer los productos de



oxidación no polares y por último trató la muestra para crear derivados del trimetilsiloxi (TMS) de cualquier grupo hidroxilo sobre los lípidos que pudieran haber sido formados por la oxidación. Por último, la GC-MS identificó los productos finales de la oxidación.

Realizó el procedimiento con soluciones de prueba que contenían 0,1 % y 2,0 % de α -tocoferol y la solución de control sin α -tocoferol. A partir de los resultados de la GC-MS, Jiang identificó y cuantificó como productos de oxidación volátiles al hexanal, la 2-heptanona, el 1-pentanol, el 2-octenal, el 1-hepteno, el pentanal, el 1-octen-3-ol y el 2-pentil-furano, mientras que los epóxidos, alcoholes e hidroperóxidos se determinaron como productos de oxidación no volátiles.

El análisis de volátiles mostró resultados similares para los compuestos de cadena corta, con la aparición del pentanal y el 1-hepteno en tiempos similares, alcanzando un pico en el día 20 en el sistema de control. En ambos sistemas, con 0,1 % y 2,0 % de α -tocoferol, la concentración de dichos compuestos se mantuvo baja. Pero, en el día 20, la concentración de volátiles en el sistema de 2,0 % de α -tocoferol fue más baja en comparación con el sistema de 0,1 %. Los resultados indicaron que la descomposición de los productos de oxidación primaria, se inició el día 15 y una mayor concentración de α -tocoferol mostró una capacidad antioxidante significativa, para evitar que los lípidos produzcan productos de oxidación secundaria.

Con respecto a la formación de epóxidos y alcoholes, las dos muestras que contenían α -tocoferol inhibieron la oxidación a través de esas vías, con una mayor potencia en el valor de 2,0 %. La historia fue muy distinta cuando se trató de los hidroperóxidos. En el día 5, el sistema con 2,0 % de α -tocoferol exhibió una concentración de hidroperóxidos aproximadamente cinco veces más elevada que la del control o la del sistema con 0,5 % de α -tocoferol, que se mantuvo alrededor de ese nivel hasta el día 20.

La muestra de control mostró un aumento gradual de los hidroperóxidos, hasta alcanzar el nivel observado en la muestra de 2,0 % en el día 15. Luego, para el día 20, la concentración de hidroperóxidos cayó precipitadamente en la muestra de control, pero se mantuvo elevada en la muestra de 2,0 % de α -tocoferol. Durante el mismo período, la muestra con 0,1 % de α -tocoferol mostró un incremento modesto en la concentración de hidroperóxidos, que también disminuyó en el día 20.

El trabajo plantea que, en comparación con la concentración de 2,0 %, la de 0,5 % es una mejor concentración de α -tocoferol, para prevenir la formación de hidroperóxidos, pero los resultados solo se aplican a ese sistema de prueba. Los sistemas alimentarios presentan un desafío especial. “Resulta difícil encontrar una concentración de α -tocoferol óptima que se pueda aplicar a todos los productos lipídicos, porque cuando cambia el sustrato se afecta el equilibrio entre las reacciones anti y prooxidantes”, dijo Jiang.

Por otra parte, agregó, los aceites comerciales podrían diferir de los aceites desorcionados, ya que los antioxidantes presentes naturalmente en el sistema como los polifenoles, carotenoides y tocoferoles, pueden actuar sinérgicamente e influir sobre la capacidad antioxidante en general. Por consiguiente, recomienda que los fabricantes lleven a cabo experimentos de optimización específicos del producto, para que los antioxidantes respondan por las características únicas de cada producto.

• Extender la vida útil

La industria alimentaria también está tomando nota de la complejidad de la optimización de los antioxidantes. Vinatee Patil, una científica de investigación y desarrollo en Kraft Heinz, realizó una presentación en una Reunión Anual en 2024, sobre los alimentos bajos en humedad, como las galletitas saladas y

las galletitas dulces. En su charla, ella observó que los consumidores se han vuelto más conscientes de su salud, debido a las inquietudes generadas respecto de las grasas saturadas.

“Como consumidores, queremos grasas buenas en nuestros alimentos”, dijo Patil. Luego volvió a reiterar el desafío de que las grasas insaturadas albergan una inestabilidad oxidativa, que causa sabores y aromas desagradables y una menor vida útil. Agregó que los consumidores también reclaman ingredientes de etiqueta limpia, que sean reconocibles, pronunciables y que puedan encontrarse en sus cocinas. Patil indicó que la industria debe descubrir ingredientes nuevos o aplicaciones innovadoras para los ingredientes que ya existen.

Esta es una razón importante para optimizar la actividad antioxidante del α -tocoferol, porque ya tiene una elevada aceptación por los consumidores, agregó. Patil presentó una investigación en Kraft Heinz que planteaba que el α -tocoferol tiene un efecto sinérgico cuando se lo combina con aditivos como la lecitina, que contiene el antioxidante fosfatidiletanolamina (PE). Al igual que Jiang, su grupo en Kraft Heinz observó que el α -tocoferol en mayores concentraciones aparentemente tiene efectos prooxidantes.

No obstante, destacó que la optimización de las concentraciones de α -tocoferol en alimentos procesados es un desafío, porque es posible que haya niveles de base presentes naturalmente en ingredientes como la harina de trigo. “De algún modo sabemos que el α -tocoferol comienza a comportarse como un prooxidante”, dijo. “Debemos entender que la concentración de tocoferoles en el aceite necesita contar con tratamientos óptimos que podamos recomendar”.

Jim Kling es un escritor científico con base en el estado de Washington. Puede ser contactado en jkling@gmail.com ■

Lípidos estructurados: síntesis, ingeniería genética y aplicaciones



AUTORES: CHANDU S. MADANKAR¹, AVISHKAR S. BHAGAT¹, ELHAM K. NASSER², AMMAR B. ALTEMIMI^{2,3}, FRANCESCO CACCIOLA^{4*}, NASSER MAHNA⁵

*E-mail: cacciola@unime.it

1 Departamento de Aceites, Oleoquímicos y Tecnología de Surfactantes, del Instituto de Tecnología Química en Mumbai, India.

2 Departamento de Ciencias de los Alimentos, Facultad de Agricultura, Universidad de Basora, Basora, Irak.

3 Facultad de Medicina, Universidad Warith Al- Anbiyaa, Karbala, Irak

4 Instituto de Tecnología de Mesina (MeIT), Departamento de Ciencias Químicas, Biológicas, Farmacéuticas y Ambientales, Ex Facultad de Veterinaria, Universidad de Mesina, Mesina, Italia

5 Departamento de Ciencias Hortícolas, Facultad de Agricultura, Universidad de Tabriz, Tabriz, Irán.

Este es un artículo de Open Access que se distribuye bajo los términos de la licencia de atribución de Creative Commons que permite el uso, distribución y reproducción irrestricta en cualquier medio, siempre que se acredite apropiadamente el trabajo original.

© 2025 Los Autores. Journal of the American Oil Chemists' Society publicado por Wiley Periodicals LLC a nombre de AOCS.

Material extraído del volumen 2025. 01-13 del *Journal of the American Oil Chemists' Society* y publicado con autorización de sus editores.

<https://doi.org/10.1002/aocs.12970>

Resumen / Abstract

Los lípidos son esenciales para el cuerpo humano, pero algunos pueden ser perjudiciales. Como resultado, las investigaciones actuales se focalizan en los lípidos estructurados (SL, sus siglas en inglés), que están diseñados para tener disposiciones de ácidos grasos específicas. Estas modificaciones estructurales pueden mejorar las propiedades físicas y nutricionales. Los ácidos grasos sobre la estructura del glicerol se pueden reordenar con métodos químicos, enzimáticos o genéticos. Numerosos estudios han identificado y caracterizado a los genes involucrados en la biosíntesis de los SL. Entre los SL, los de tipo medio-largo-medio en particular son valiosos por sus beneficios nutricionales y terapéuticos. Teniendo en cuenta la brecha entre las comparaciones integrales entre los métodos de síntesis de base química, enzimática y genética, esta revisión busca resaltar los métodos utilizados para la producción de los SL. A medida que crece la consciencia respecto de la salud, se espera que los SL cumplan un papel cada vez mayor en promover la salud humana, en particular como nutraceuticos y alimentos funcionales, en la nutrición clínica y en la terapéutica, en la gestión del peso, en fórmulas infantiles y como *carriers* farmacéuticos.

Lipids are essential to the human body, but some can be harmful. As a result, current research focuses on structured lipids (SLs), which are engineered to have specific fatty acid arrangements. These structural modifications can enhance both nutritional and physical properties. Fatty acids on the glycerol backbone can be rearranged through chemical, enzymatic, or genetic methods. Numerous studies have identified and characterized genes involved in SL biosynthesis. Among SLs, the medium- long- medium type is, particularly, valuable for its nutritional and therapeutic benefits. Considering the gap in comprehensive comparisons between chemical, enzymatic, and genetic-based synthesis methods, this review aims to highlight the methods used for SLs production. As health awareness grows, SLs are expected to play an increasingly important role in promoting human health, notably as nutraceuticals and functional foods, in clinical nutrition and therapeutics, in weight management, in infant formula, and as pharmaceutical carriers.

Palabras claves / Key words

Modificación química; reacción enzimática; ingeniería genética; lipasa; lípidos estructurados.

Chemical modification; enzymatic reaction; genetic engineering; lipase; structured lipids.

1. Introducción

Los lípidos son componentes esenciales de una dieta balanceada, y proporcionan aproximadamente 8,4 kcal/g de energía (Abed *et al.*, 2018). Más allá de su valor calórico, los lípidos cumplen funciones fisiológicas cruciales: por ejemplo, son integrantes de la estructura de la membrana celular, sirven como reservorios de energía, y ayudan a la absorción de las vitaminas A, D, E, y K solubles en grasa (Ang *et al.*, 2019; Zam 2015). Además, los lípidos tienen aplicaciones significativas en industrias como las de cosméticos (por ejemplo, ceras, aceites esenciales), productos farmacéuticos (por ejemplo, sistemas de liberación de medicamentos) y de procesamiento de alimentos (Zhou *et al.*, 2022).

No obstante, el consumo excesivo de determinados lípidos, particularmente, aquellos altos en ácidos grasos saturados (SFA) y trans (TFA), han sido vinculados a enfermedades crónicas que incluyen la obesidad, los desórdenes cardiovasculares, el cáncer, la aterosclerosis, la hipertensión y la diabetes (Abed *et al.*, 2016; Cozentino *et al.*, 2022; Trivedi and Singh 2005). En respuesta a estos riesgos para la salud, las guías dietarias en muchos países recomiendan que las grasas solo contribuyan en un 20-35 % del total de la ingesta calórica diaria (Zam 2020).

Estructuralmente, los lípidos dietarios se componen fundamentalmente de triacilglicérols (TAG), que incluyen cuatro tipos principales de ácidos grasos: los SFA, los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y los TFA (Ang *et al.*, 2019). Cada tipo cumple funciones fisiológicas distintas. Por ejemplo, los SFA son necesarios para la síntesis del ácido biliar pero también pueden aumentar los niveles de colesterol en sangre incrementando las concentraciones de lipoproteína de baja densidad (LDL), con frecuencia conocida como “colesterol

malo” (Ang *et al.*, 2019; Zam 2015). En cambio, los PUFA ayudan a reducir los biomarcadores lipídicos y la inflamación, y contribuyen con la prevención de la obesidad y una mejor saciedad (Heilig 1994; Kim and Akoh 2015; Trivedi and Singh 2005). Sin embargo, niveles extremos de PUFA, ya sean demasiado altos o demasiado bajos, pueden resultar perjudiciales. De hecho, los efectos adversos de los niveles elevados de PUFA en los TAG pueden estar asociados con la peroxidación lipídica y el estrés oxidativo, debido a sus múltiples enlaces dobles; además, un alto contenido de PUFA omega-6 puede llevar a una mayor síntesis de los eicosanoides proinflamatorios, por ejemplo, las prostaglandinas y los leucotrienos, que contribuyen a la inflamación crónica, la aterosclerosis, y la resistencia a la insulina. Por otro lado, los bajos niveles de PUFA en los TAG pueden conducir a síntomas como trastornos de la piel, cicatrización deteriorada de las heridas, disfunción inmune, y retardo del crecimiento, como también su deficiencia puede perjudicar la formación de derivados de cadena larga biológicamente activos como el ácido araquidónico, el EPA y el DHA.

Se cree que los MUFA moderan estos efectos y promueven el equilibrio lipídico (Ijaz and Sun 2025). Los ácidos grasos de cadena media (MCFA) ofrecen ventajas distintas debido a su eficiente absorción en la mucosa intestinal y a su inmediata conversión en energía en lugar de almacenarse en el tejido adiposo. Esto ha llevado a los investigadores y nutricionistas a defender los aceites que tienen una proporción equilibrada de SFA:MUFA:PUFA en una relación 1:1:1, como recomienda la Organización Mundial de la Salud (Zam 2015; Zhou *et al.*, 2022).

Las características físicas y químicas de los lípidos tales como el punto de fusión, la estructura de los cristales, y la estabilidad oxidativa se ven influenciadas por la longitud de cadena, el

grado de saturación y la posición del ácido graso sobre la estructura del glicerol (Zhang *et al.*, 2021). De hecho, en los nutraceuticos, en donde los lípidos con frecuencia son usados como ingredientes activos, *carriers* o componentes estructurales, su comportamiento bajo ciertas condiciones puede determinar el éxito o el fracaso de una formulación. Por ejemplo, para mejorar la estabilidad de los PUFA omega-3, se pueden usar como cápsulas microencapsuladas herméticas sin contacto con el aire y envasadas en la oscuridad para reducir la oxidación o combinadas con antioxidantes como la vitamina E. El ácido linoleico conjugado (CLA) se puede formular en cápsulas blandas o líquidos emulsionados para suplementos dietarios para la gestión del peso. Sin embargo, las formas nativas de los aceites y las grasas naturales con frecuencia carecen de las propiedades deseadas para aplicaciones específicas (Zhou *et al.*, 2022; Cozentino *et al.*, 2022).

Para superar estas limitaciones se usan tres abordajes principales para modificar los atributos estructurales de los TAG: la interesterificación química, la interesterificación enzimática y la ingeniería genética (Cosentino *et al.*, 2022; Karra *et al.*, 2025; Ramos-Ramos *et al.*, 2025; Ren *et al.*, 2025). La interesterificación es un proceso químico o enzimático que reordena los FA sobre la estructura del glicerol de los TAG, sin cambiar la composición de FA, con el objetivo de crear grasas con mejor comportamiento de fusión, vida útil, textura o perfil nutricional.

La interesterificación química se aplica ampliamente a nivel comercial pero sufre de algunos inconvenientes como baja especificidad, altos requisitos de energía, y potenciales riesgos para la salud. Con referencia a esto último, la estructura alterada de los TAG podría afectar el metabolismo o tener un impacto negativo sobre los lípidos en sangre con menor HDL, mayor LDL o una creciente resistencia a la insulina.

La interesterificación enzimática, aunque más específica y ambientalmente amigable, continúa siendo costosa por el alto precio de las enzimas. La ingeniería genética tiene potencial para ser prometedora para la modificación lipídica eficiente pero se ve restringida por prolongados procesos de síntesis, por su complejidad y por los requisitos para el uso de fitomejoramiento que resulta costoso (Ijaz and Sun 2025).

Los lípidos estructurados (SL) son lípidos que han sido reestructurados químicamente, enzimáticamente o genéticamente para modificar sus contenidos de ácidos grasos y/o su distribución posicional dentro de la molécula de glicerol. Los SL principalmente consisten en TAG modificados pero también pueden incluir monoacilgliceroles (MAGs), diacilgliceroles (DAGs) y fosfolípidos (Iwasaki and Yamane 2000; Lee and Akoh 1998; Utama *et al.*, Zhou *et al.*, 2022).

Los SL están diseñados para suministrar ácidos grasos específicos para mejorar el valor nutricional y la funcionalidad. Por ejemplo, el reemplazo de los ácidos grasos de cadena larga (LCFA) en las posiciones *sn-1* y *sn-2* con un MCFA como el ácido caprílico (C8:0) o el ácido cáprico (C10:0) puede mejorar el metabolismo energético ya que los MCFA se hidrolizan y absorben rápidamente para su uso como fuente directa de energía más que para almacenamiento de grasa.

Los SL también permiten la integración de los ácidos grasos promotores de salud de varios tipos, los de cadena corta (SCFAs), los MCFA, y los LCFAs, incluyendo los PUFA esenciales omega 3 y omega 6, conocidos por sus efectos antiinflamatorios y cardioprotectores (Martin *et al.*, 2010). Debido a sus atributos únicos, los SL han surgido como un tipo prometedor de nutraceutico, capaces de satisfacer necesidades dietarias y terapéuticas específicas (Cozentino *et al.*, 2022; Mohamed and FoadGomaa 2018).

2. El significado de la posición estereoespecífica de los FA

En primer lugar, resulta esencial destacar la teoría de la estereoespecificidad en los FA. Se sabe que los TAG tienen tres grupos acilo conectados a la estructura del glicerol, y el ordenamiento de los grupos de FA podrían impactar sobre su significado biológico y su valor nutricional. Por el proceso de esterificación, dichos grupos acilos grasos (producidos a partir de ácidos grasos hidrolizados) se unen al -OH en el glicerol. Usando el método de numeración estereoespecífica (*sn*), se identifican cada uno de los carbonos (de 3) de la estructura del glicerol a los cuales están conectados los grupos acilos grasos. Como resultado, la ubicación del primer carbono al cual está vinculado el grupo acilo graso es la *sn-1* o -3, y la posición del carbono en el medio al cual está anexado el grupo acilo graso es *sn-2*.

Para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los lípidos, se cambia la posición de los ácidos grasos o se agregan ácidos grasos nuevos sobre la columna de glicerol para formar los SL. En los SL, los FA de cadena media-larga-media (MLM) sobre la estructura de glicerol se ordenan en las posiciones *sn-1*, *sn-2* y *sn-3*, respectivamente. Este arreglo de los FA en los SL minimiza los riesgos de una acumulación de grasa por la presencia de los MCFA y los SCFA en las posiciones *sn-1* y *sn-3* y proporcionan los PUFA vitales en la posición *sn-2*, que se necesitan para el crecimiento y el funcionamiento adecuado del cuerpo humano (Fomuso and Akoh 1997; Jadhav *et al.*, 2021; Jadhav y Annature 2021; Klemann *et al.*, 1994; Moreira *et al.*, 2020).

3. Métodos de producción de SL

Como la estabilidad oxidativa y la calidad de los SL dependen en gran medida del método de síntesis, los mismos se pueden producir usando abordajes químicos, enzimáticos o genéticos.

Entre ellos, la producción enzimática que usa biocatalizadores ofrece varias ventajas en comparación con los métodos químicos, mientras que las técnicas genéticas proporcionan beneficios que superan a los de los métodos químicos y enzimáticos.

3.1. Síntesis química

Los catalizadores químicos se han utilizado para la modificación de los lípidos antes del uso de las lipasas. La interesterificación química es la categoría predominante de la variación química de los aceites y grasas (Lai *et al.*, 2012; Mohamed and FoadGomaa 2018). La hidrólisis de los grupos acilos grasos de las mezclas de acilglicerol compuestas por los ácidos grasos requeridos, es decir los SCFA, los MCFA y/o los LCFA, es seguida por una esterificación sin objetivo sobre la estructura de glicerol en la síntesis química de los SL (Martin *et al.*, 2010). Usando un proceso de aleatorización o de intercambio de ácidos grasos dirigidos, los FA son liberados de la estructura del glicerol y reesterificados dentro y entre los TAG (Cozentino *et al.*, 2022). La interesterificación química típicamente incluye cuatro pasos fundamentales: el pretratamiento del aceite, la adición de catalizador, la propia reacción química y la inactivación del catalizador (Martin *et al.*, 2010) (Tabla 1). Se trata de un método fundamental para modificar las estructuras de triglicéridos sin generar grasas trans, con lo cual es altamente relevante en la formulación de grasas alternativas más saludables. Para evitar la inactivación del catalizador, el aceite se seca bajo vacío a temperatura elevada a modo de pretratamiento. A continuación, por lo general se adiciona metóxido de sodio mientras se agita a 90-100 °C. La reacción demora 30-60 minutos para completarse, dependiendo del tipo y de la cantidad utilizada de catalizador. El agua o el ácido también pueden inactivar al catalizador (ácido fosfórico, ácido cítrico) después de ese tiempo. Por último, si resulta necesario, el producto se seca, blanquea y desodori-

za. Esto se puede realizar en reactores de tanque agitado utilizando procesos continuos o por lotes (Martin *et al.*, 2010). En este proceso, llegar al equilibrio termodinámico es importante para su finalización, y esto depende de la temperatura, y la duración de la reacción, entre otros factores (Cozentino *et al.*, 2022), y de la extracción por solvente (Kim and Akoh 2015).

Numerosos estudios han sacado provecho de este método para mejorar el perfil nutricional de los alimentos. Por ejemplo, Claro da Silva *et al.* (2013) demostraron como la interesterificación de la estearina de palma y el aceite de pescado puede producir los SL enriquecidos con ácidos grasos omega-3, que son cruciales para la salud cardiovascular y cognitiva. Kadivar *et al.* (2016) investigaron la cristalización y el comportamiento polimórfico de los equivalentes de manteca de cacao (CBE) en base a aceite de girasol producido enzimáticamente. Dentro de los alimentos nutraceuticos, los SL sintetizados con interesterificación química han sido incorporados en productos como formulaciones infantiles, análogos lácteos, y suplementos dietarios. Esos lípidos

modificados con frecuencia imitan el perfil de triglicéridos de la grasa láctea humana o están diseñados para mejorar la biodisponibilidad de las vitaminas solubles en grasa y los ácidos grasos esenciales.

A pesar de los avances prometedores que se han realizado, aún quedan varias brechas en la investigación:

1. Especificidad de la reacción: la interesterificación química carece de la regioselectividad de los métodos enzimáticos, lo cual puede limitar el control sobre la estructura final del triglicérido.
2. Evaluación nutricional: los efectos a largo plazo del consumo de lípidos químicamente modificados, especialmente en poblaciones vulnerables (por ejemplo, niños y ancianos), requieren una investigación clínica adicional.
3. Sostenibilidad y seguridad: el uso de catalizadores químicos (por ejemplo, metóxido de sodio) plantea inquietudes respecto de la seguridad ambiental y la toxicidad residual, exigiendo alternativas de síntesis más verdes.

4. Integración funcional: se necesitan más estudios que exploren como estos lípidos modificados interactúan con otros ingredientes funcionales (por ejemplo, probióticos, polifenoles) en matrices alimentarias complejas.

4. Síntesis enzimática de los SL

En la interesterificación enzimática, hay dos sustratos (dos TAG) involucrados; durante la reacción de interesterificación se liberan numerosos FA de la estructura del glicerol y se reordenan. Este proceso completo se realiza usando una enzima lipasa, que depende de su especificidad. El mecanismo de reacción utilizado es un mecanismo de ping pong; dado que hay dos sustratos, se denomina mecanismo ping pong “Bi Bi” (Miller *et al.*, 1991).

Las lipasas tienen una región catalítica oculta dentro de la proteína que se compone de una tríada catalítica similar a la de la serina-proteasa conformada por los aminoácidos serina, histidina y aspartato (o glutamato). El carbono carbonílico del grupo acilo graso liberado se adhiere al sitio activo de la enzima, formando un

Tabla 1 - Interesterificación química de distintos sustratos y condiciones óptimas

Sustratos	Catalizador (es)	Resultado (s)	Condiciones óptimas	Referencias
Grasa de cerdo y aceite de girasol alto oleico	2,5 % de catalizador K ₂ CO ₃ base sólida	El producto interesterificado tenía el más amplio rango plástico (5,7 °C–18,6 °C), contenido total de OPO y OPL: 38 %	160 °C en un matraz tapado con fondo redondo de tres bocas con agitación magnética (400 r min ⁻¹) por un periodo de tiempo de 6 h.	Liu <i>et al.</i> , (2024)
Aceite de soja, estearina de palma y decanoato de metilo	Catalizador SBA-15-pr-biuanida base sólida	Para la mezcla 40:60 de estearina de palma y aceite de soja, se alteraron las proporciones de especies de TAG	8,7 g de aceite de soja y 7,5 g (0,04 mol) de decanoato de metilo Agregando 1,6 g de catalizador sólido híbrido, las reacciones heterogéneas se llevaron a cabo en un medio libre de solvente bajo una presión reducida a 90 °C.	Xie and Hu (2016)
Grasa butírica + aceite de maíz en distintas proporciones	0,5 % (p/p) de metóxido de sodio	La cantidad del ácido graso ω- 6 se amplía. La grasa láctea original solo tenía 1,6 % de este ácido graso.	Presión reducida a 65 °C–70 °C en 500 mL. Matraz tapado en un baño de agua. Agitación constante durante 1 hora.	Rodrigues and Fernandez-Lafuente (2010)
Aceite de canola, aceite de palma, aceite de soja + aceite de soja totalmente hidrogenado.	0,5 % (p/p) de metóxido de sodio	Después de la adición de metóxido de sodio al aceite, aumentó la absorbancia UV y la luz visible.	Para iniciar la interesterificación: las mezclas se secan a 110 °C. Presión: 10 mmHg. Tiempo: 60 min. 0,5 % de metóxido de sodio.	Liu and Lampert (1999)
Aceite de soja [70:30, p/p] + estearina de palma	0,1 % de metóxido de sodio	El color del producto final fue marrón oscuro. Los TAG, POP, PPP y POO, el POO estaban casi intactos cerca de la interesterificación.	La interesterificación fue realizada bajo vacío. Temperatura: 80 °C–90 °C. Tiempo: 30 min. Después de la interesterificación se adicionó 19 %–20 % de ácido cítrico para desactivar el catalizador.	Costales-Rodríguez <i>et al.</i> (2009)
Sebo vacuno + aceites de maíz, canola y cártamo separadamente a varias proporciones de sebo en la mezcla [60:40, 70:30, y 80:20, p/p].	Metóxido de sodio [0,75 %–0,875 %–1 %, p/p]	Los lípidos fueron más untables y exhibieron comportamiento plástico. Los MP disminuyeron en un rango de 26,5 °C–45,5 °C. Las grasas interesterificadas mostraron la mayoría de las formas de cristales β' y β' + β. Además, se redujo el contenido de FFA [1,87 %–3,9 %].	La temperatura de secado del aceite fue de 90 °C con un vacío de 180 mPa. Agitación: a 100 RPM. Periodo de tiempo: 30 min. Lavado del producto con 5 % de H ₃ PO ₄ . Se realizó el lavado dos veces para que se desactive el metóxido de sodio. Lavado con 10 % de NaCl para remover las impurezas.	del Mar Muñio <i>et al.</i> (2009)

complejo acilo-lipasa. La adhesión es el resultado de un ataque nucleofílico por parte del aminoácido serina sobre el carbono carbonílico. La presencia de residuos de histidina y ácido glutámico hace que la serina sea un nucleófilo potente. Los residuos de ácido glutámico (que contienen carga negativa) estabilizan el anillo de imidazol en la histidina después de la hidronación. Las reacciones secuenciales posteriormente producen un intermedio tetraédrico, que se mantiene por el desarrollo de enlaces/vínculos de hidrógeno con residuos estabilizadores de oxianiones (Jaeger *et al.*, 1994).

Durante el proceso de esta reacción se produce una ruptura del enlace C-O dentro del residuo del éster y el aminoácido, y se libera el alcohol. Dicho alcohol y el residuo de serina están vinculados al hidrógeno en la histidina. Se crea un intermedio tetraédrico por la introducción de un grupo hidroxilo al carbono carbonílico por el asalto nucleofílico que resulta en la liberación del glicérido reestructurado, y el sitio activo se regenera (Marangoni and Rousseau 1995) (Figura 1 y Tabla 2). Las capacidades específicas de la *Rhodotorula* se utilizan para una amplia variedad de fuentes de carbono para producir diversos compuestos orgánicos como glucosa,

fructosa, xilosa, manosa y otros. La *Rhodotorula* se muestra versátil en el uso del sustrato y la generación prolífica de producto, produciendo los TAG, fosfolípidos, ésteres de esteroles (SE), y ésteres de poliol de ácidos grasos (Zhang *et al.*, 2024). Kavadia *et al.*, (2018) desarrollaron un proceso de acidólisis enzimática para la síntesis del aceite de soja hidrogenado con la incorporación de ácido caprílico, un ácido graso de cadena media catalizado con una lipasa *sn*-1,3 específica inmovilizada Pylip (Figura 2). Estos SL exhiben mejores propiedades fisicoquímicas y funcionales. La interesterificación enzimática de las mezclas de aceite de cáñamo y aceite de coco fueron realizadas por Bandara *et al.*, (2024).

Se obtuvieron aceites para cocinar y productos alimenticios más saludables con una estabilidad oxidativa mejorada. Además, estos SL podrían ser usados para mejorar la efectividad de los productos farmacéuticos basados en lípidos en el tratamiento de infecciones.

5. Ingeniería genética

La ingeniería de los SL se puede realizar usando tres abordajes principales: (1) el uso de la ingeniería de enzimas, por ejemplo, las lipasas, que son usadas ampliamente para las modificaciones enzimáticas de los lípidos para lograr especificidad funcional, y una catálisis más rápida y más eficiente; (2) encontrar enzimas nuevas e ingeniería de organismos para lograr una producción heteróloga más elevada de dichas enzimas; y (3) el uso de la ingeniería genética de plantas y sus vías metabólicas para la producción de los SL.

5.1. Ingeniería de lipasas para funciones específicas

Las lipasas son herramientas intrigantes y perfectas para el mejoramiento enzimático por su disponibilidad en grandes cantidades, y son producidas por organismos microbianos, por ejemplo, bacterias y hongos. Además, muestran alta

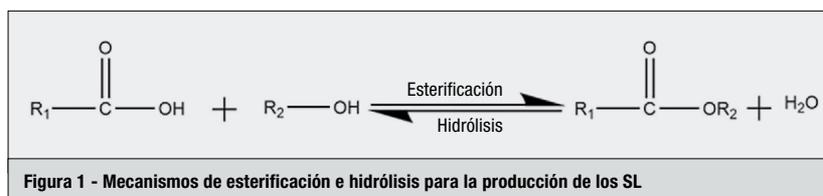


Figura 1 - Mecanismos de esterificación e hidrólisis para la producción de los SL

Tabla 2 - Esterificación enzimática del glicerol y distintos ácidos grasos para obtener triacilglicerolos de cadena media y larga (MLCT)

Sustratos	Enzima	Resultado/Rendimiento	Condición/esquema óptimo	Referencias
Estearina de palma y aceite de salvado de arroz	Lipozyme TL IM	39,28 %–53,01 %	Temperatura de la reacción: 50 °C, carga de enzima: 6 %, tiempo de reacción: 2 h.	Ren <i>et al.</i> (2025)
Aceite de pescado con triacilglicerolos de cadena media	Lipasa bio-impresa	18,52 % de MCT, 56,65 % de MLCT y 24,83 % de triacilglicerolos de cadena larga	Temperatura de la reacción: 70 °C, carga de lipasa: 4 p% y relación molar del sustrato: 1:1,5	Zou <i>et al.</i> (2024)
Glicerol + mezcla de ácidos esteárico y cáprico	Lipozyme RM IM	58 % de TAG de cadena media y larga [MLCT]	Tiempo de la reacción: 13,5–14,0 h. Carga de enzima: 7,8 %–8,0 % [m/m]. Relación FA/cantidad de glicerol: 3:1.	Senanayake and Shahidi (2005)
Ácidos caprílico, cáprico, oleico y glicerol	Lipasa no específica Novozymes 435	72,19 % MLCT	Temperatura de la reacción: 88 °C–92 °C. Carga de enzima: 4,60–4,80 p%. Relación 3:1 de FA/cantidad de glicerol. Período de tiempo: 12,37 h.	Rajendram <i>et al.</i> , (2009)
2-MAG producido por la alcoholisis del aceite de pescado y ácido caprílico (CA 8:0)	Para la esterificación: lipasas, D y DF, inmovilizadas sobre Accurel MP1000.	Los SL por encima de 90 % con ácido caprílico: 64 %–65 %. La posición 2 contenía 5 %–6 de CA y 45 %–47 % de PUFA.	CA: 2-MAG 1: 1.18. 2,7–3 mL Hexano y 20 g de lipasa inmovilizada. La mezcla en un matraz Erlenmeyer tenía un tapón con tapa de silicona en una atmósfera inerte. Temperatura de incubación: 38 °C. Agitación en un agitador orbital a 200 rpm. Temperatura de almacenamiento de la mezcla final: 24 °C.	Bloomer <i>et al.</i> , (1990)
Los FFA fueron obtenidos por la hidrólisis del aceite de sardina y glicerol en una relación de 3:1.	10 % de Lipozyme IM inmovilizada de <i>R. miehei</i> construida sobre el peso de la mezcla de los FA.	La adición de HUFA ω-3 en los TAG siguió el orden EPA ≥ DPA >> DHA [39,2 %, 9,7 %, 2,4 % respectivamente.]	La enzima se calentó en un baño de agua de 55 °C–58 °C. Período de tiempo, aproximadamente: 48 h. La reacción terminó una vez que se adicionó Hexano.	Bispo <i>et al.</i> , (2014)

quimioselectividad, estereoselectividad, y regioselectividad sin reacciones secundarias ni requisito de cofactores (Reetz 2002). Las lipasas han sido aplicadas efectivamente en nuevas aplicaciones biotecnológicas; aunque, determinadas aplicaciones requieren modificaciones específicas. La biotecnología presenta dos abordajes para modificar las propiedades de la enzima, que se puede lograr con distintos métodos, incluyendo la mutagénesis (Bornscheuer 2008). Para modificar la selectividad de la enzima, se puede focalizar en distintas partes funcionales y estructurales, como la región de tapa, que puede mediar la selectividad de la longitud de cadenas de la enzima (Pleiss *et al.*, 1998). Estudios previos demostraron que la sustitución de los aminoácidos en la entrada de los sitios de enzimas activas, podría alterar la selectividad del sustrato de la enzima (Panizza *et al.*, 2015).

Existen dos métodos de mutagénesis principales que están representados por la evolución directa (mutaciones naturales) y el diseño racional (mutagénesis sitio-dirigida). La evolución dirigida simula la selección natural en el laboratorio introduciendo mutaciones aleatorias en un gen de interés (por ejemplo,

una enzima), expresando las proteínas mutadas y analizando los datos para encontrar los rasgos deseados (por ejemplo, mejor estabilidad, actividad o selectividad). Este método no requiere un conocimiento detallado de la estructura o el mecanismo de la enzima. Arnold (1993) lideró el uso de la evolución dirigida para mejorar la actividad de la subtilisina E, una serina proteasa. En este estudio, la mutagénesis y la recombinación aleatorias se usaron para crear variantes enzimáticas con mayor estabilidad y actividad térmica en los solventes orgánicos. En 2019, Zhou *et al.*, aplicaron la evolución dirigida a las enzimas lipasas para una mejor producción de biodiesel. Usando rondas sucesivas de mutagénesis aleatoria y cribado de alto rendimiento desarrollaron una variante con una eficiencia catalítica tres veces mayor.

El diseño racional incluye utilizar el conocimiento estructural y mecanístico de una proteína para realizar cambios específicos y dirigidos a nivel genético. Esto requiere herramientas como la mutagénesis sitio-dirigida, el modelado molecular y el acoplamiento computacional para predecir mutaciones beneficiosas.

La mutagénesis sitio-dirigida tiene lugar usando abordajes de PCR de extensión por superposición y de ronda única para un plásmido completo (Antikainen and Martin 2005). Por otro lado, uno de los objetivos más esenciales en la ingeniería de enzimas es modificar su selectividad de sustrato. Las enzimas naturales son altamente específicas en su acción respecto del tipo de reacción que median y del sustrato que explotan. Además, no tienen un amplio rango de aceptación del sustrato ni tampoco alta actividad catalítica sobre diversos sustratos. Por consiguiente, uno de los mayores requisitos industriales parece ser la modificación de la selectividad enzimática para una más amplia aceptación y selectividad del sustrato, que se puede lograr con la expansión, el estrechamiento y el intercambio de la especificidad del sustrato (Zaugg *et al.*, 2014) (Tabla 3).

5.2. Ingeniería genética de organismos para la producción heteróloga de enzimas

La producción de lipasas a gran escala se ha estabilizado por la accesibilidad de numerosos sistemas de expresión

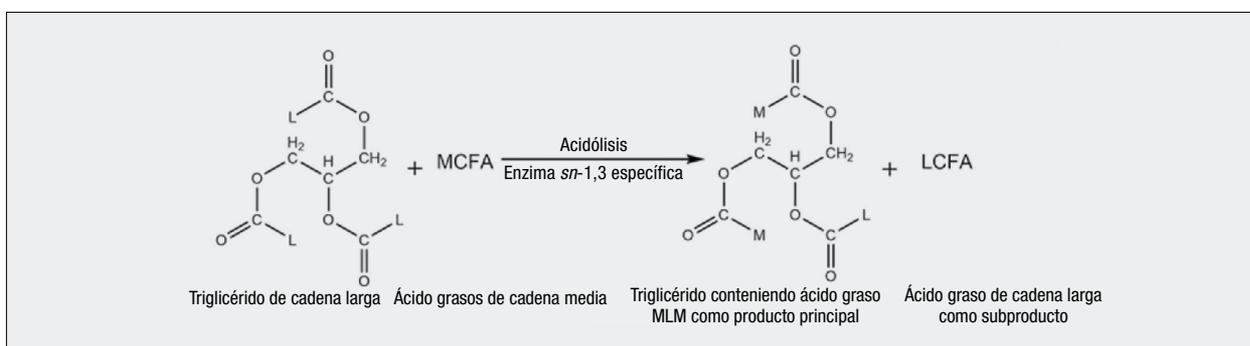


Figura 2 - Modificación de triglicéridos lograda con la acidólisis usando lipasas activadas

Tabla 3 - El diseño de lipasas para funciones específicas.

Método	Acción	Función	Referencias
Ruta de la mutagénesis	Modificación de las propiedades de la enzima	Los SL con rasgos deseados como una mejor estabilidad y actividad	(Bornscheuer 2008)
El objetivo son las partes estructurales y funcionales	Modificación de la selectividad de la enzima	Los SL con beneficios nutricionales, funcionales y terapéuticos hechos a medida	Pleiss <i>et al.</i> , (1998)
Sustitución de aminoácidos en la entrada de los sitios activos de la enzima	Selectividad del sustrato de la enzima	Los SL con mayor aceptación y selectividad del sustrato	Panizza <i>et al.</i> , (2015)

procariota (por ejemplo, bacterias) y eucariota (por ejemplo, células de mamíferos, hongos filamentosos y levaduras) (Borrelli and Trono 2015). La *Escherichia coli*, seguida por la *Bacillus subtilis*, han sido los huéspedes más empleados para la producción heteróloga de lipasas microbianas termofílicas o psicrófilicas (Cardenas *et al.*, 2001; Tafakori *et al.*, 2012); sin embargo, su uso es limitado por su falta de capacidad en las modificaciones post-transcripcionales, por ejemplo, el plegamiento de proteínas deseado, la correcta formación de enlaces disulfuro, la glicosilación y la fosforilación (van Bloois *et al.*, 2011). Por otro lado, entre los sistemas de expresión eucariota, las levaduras y los hongos filamentosos han sido los organismos de elección por tener modificaciones post-transcripcionales y por su preferencia en la industria alimentaria respecto de los sistemas procariota (Borrelli and Trono 2015). La *Pichia pastoris*, que tiene un nivel elevado de expresión y una glicosilación controlada, ha sido el huésped más usado para las proteínas heterólogas comercialmente producidas, incluyendo las lipasas recombinantes (Borrelli and Trono 2015; Ogata *et al.*, 1969).

5.3. Ingeniería genética de plantas para la producción de los SL

La ingeniería de plantas ofrece una alternativa prometedora para los métodos tradicionales de interesterificación para la producción de los SL deseables. Este abordaje incluye la modificación genética de las plantas para lograr proporciones adecuadas de los FA necesarios para las estructuras de los TAG y para expresar aciltransferasas específicas. Por ejemplo, la sobreexpresión de genes derivados del coco, la CnFATB3 (una tioesterasa), el CnLPAAT- B (el ácido lisofosfatídico aciltransferasa) y la CnKASI (una β -cetoacil-ACP sintasa) en la *Arabidopsis thaliana* ha conducido a incrementos significativos en el contenido de MCFA. Específicamente, los niveles de ácido láurico (C12:0)

aumentaron en hasta 395 % y el ácido mirístico (C14:0) en hasta 383 % en las semillas transgénicas en comparación con las plantas de tipo silvestre. Además, la sobreexpresión de las acil-lípido tioesterasas (ALT) de la *A. thaliana* en varios sistemas vegetales ha resultado en la acumulación de los MCFA en un rango de C6 a C14, demostrando el potencial de las ALT en la diversificación de los perfiles de ácidos grasos de aceites vegetales (Zheng *et al.*, 2020; Kalinger *et al.*, 2021). Estos eventos de colza transgénica (comercializada por Calgene) fueron originalmente cultivados en aproximadamente 28.000 ha en los Estados Unidos en 1997 (Broun *et al.*, 1999). Debido a la elevada especificidad de la canola *sn-2* aciltransferasa para los ácidos grasos insaturados, los TAG producidos por estas plantas transgénicas principalmente tenían 12:0/18:n/12:0 en sus posiciones *sn-a*, *sn-2* y *sn-3*, respectivamente. El aceite de estas plantas transgénicas es adecuado para cremas batidas, baños de confitería, grasas de relleno y blanqueadores de café. En otro estudio similar, los genes de tioesterasa (ChFatB2) aislados de la *Cuphea hookeriana*, que codifican las enzimas específicas para los ácidos grasos 8:0 y 10:0, fueron sobreexpresados en las plantas de colza. Las plantas transgénicas demostraron una acumulación significativa de estos MCFA (Dehesh *et al.*, 1996).

Recientemente se ha realizado otra serie de estudios para la producción de ácido docosahexaenoico (DHA) en plantas. El DHA es un tipo de LC-PUFA omega-3 cuyas propiedades beneficiosas, por ejemplo, la reducción del riesgo de las enfermedades cardiovasculares, ha sido informada (Connor 2000; Ruxton *et al.*, 2005). La producción heteróloga de DHA ha sido lograda en la *Arabidopsis* (Petrie *et al.*, 2012 Ruiz-López *et al.*, 2014), *Camelina sativa* (Petrie *et al.*, 2014; Ruiz-López *et al.*, 2014; Usher *et al.*, 2017), y canola (Petrie *et al.*, 2020), transfiriendo un conjunto de elongasas y desaturasas dependientes de oxígeno de hongos y algas que

contenían seis o más genes de una vía metabólica comenzando desde el ácido linoleico y terminando en el DHA. También se verificó el gen aeróbico de la sintasa de PUFA que produce DHA en *Arabidopsis*, canola y soja; sin embargo, la producción fue menor que la lograda con la combinación de elongasa/desaturasa, mientras que quedaron pocos intermediarios de LC PUFA y complementando el perfil de ácidos grasos (Walsh *et al.*, 2016).

Otro abordaje para la producción de los TAG en las plantas es la síntesis de novo directa que tiene lugar por la vía de Kennedy, es decir, tres acilaciones consecutivas del glicerol por tres aciltransferasas. De esta manera, las ácido lisofosfatídico aciltransferasas (LPAAT) acilan el ácido lisofosfatídico en la posición *sn-3* con un acil-CoA para producir un ácido fosfatídico (PA) (Bates and Browse 2012). La expresión nativa o heteróloga de las aciltransferasas puede aumentar el contenido de aceite total (Liu *et al.*, 2015), cambiar la composición de ácidos grasos (Xu *et al.*, 2009), o elevar la síntesis de nuevos ácidos grasos (Burgal *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2016) en los aceites de semilla. La expresión de las LPAAT de la *Mortierella alpina* en las semillas de *Arabidopsis* incrementó el contenido total de DHA y su proporción en la posición *sn-2* de los TAG (Shrestha *et al.*, 2018). La sobreexpresión de las LPAAT del alga *Schizochytrium sp.*, productora de DHA y de la soja (*Glycine max*) en la *Arabidopsis* productora de DHA sobreexpresando el sistema de sintasas de PUFA en algas aumentó la cantidad total de DHA en el aceite de semilla. En las líneas de *Arabidopsis* transgénica que tienen ambos transgenes, se observó un aumento de dos veces en el *sn-2* DHA, mientras que en las líneas con una sola LPAAT algal, el *sn-2* DHA aumentó hasta un 61 % del total de DHA. Además, la sobreexpresión de solo la LPAAT de la soja causó una redistribución de las especies de TAG que contenían DHA, y se reconocieron dos TAG nuevos (Wayne *et al.*, 2021).

6. ¿Por qué y cómo los SL de tipo MLM son importantes para el cuerpo humano?

Los PUFA comúnmente se conocen como LCFA, y no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano. La ingesta de PUFA para el cuerpo humano resulta beneficiosa para prevenir una variedad de enfermedades (Iwasaki and Yamane 2000). Los LCFA deben retornar a los ductos linfáticos intestinales, desde donde son transportados como quilomicrones al ducto torácico, depositándose como grasa en el cuerpo (Lai *et al.*, 2012). Los MCFA son trasladados rápidamente al hígado, en donde se convierten en cetonas (Kim and Akoh 2015). No obstante, los MCFA no contienen ácidos grasos esenciales como los PUFA; por lo tanto, para superar estas deficiencias, será necesario producir los SL de tipo MLM. En los SL MLM, los MCFA están presentes en las posiciones *sn-1* y *sn-3*, mientras que los LCFA están presentes en la posición *sn-2* (Iwasaki and Yamane 2000; Kim and Akoh 2015). (Tabla 4).

6.1. Sustitutos de grasa láctea humana

Los sustitutos de grasa láctea son los SL con uso nutricional como principal fuente de energía para recién nacidos, proporcionando casi la mitad de sus calorías diarias, y como un ingrediente significativo de la leche humana, incluyendo los EFA y las vitaminas solubles en grasa (Abed *et al.*, 2018; Iwasaki and Yamane 2000). El ácido palmítico

[16:0] en la posición *sn-2* y los ácidos oleicos [18:1, *n* - 9] en la posición *sn-1* y 3, que representan aproximadamente 25 % p/p y 40 % p/p del total de los FA, respectivamente, conforman la mayor parte de la típica grasa láctea humana (Cozentino *et al.*, 2022; Lee and Akoh 1998; Mohamed and FoadGomaa 2018). Entre las principales especies de TAG encontradas en la grasa láctea humana, el 1,3-dioleoil-2-palmitoil-glicerol (OPO) es el más común (Jiang *et al.*, 2022; Lee and Akoh 1998). Los MCFA en las posiciones *sn-1,3* y los LCFA en la posición *sn-2* fueron preparados con el proceso de acidólisis del aceite de oliva virgen con ácido caprílico (C8:0) o cáprico (C10:0), catalizados por la lipasa heteróloga 1,3 selectiva de *Rhizopus oryzae* (Nunes *et al.*, 2011). Los SL de tipo MLM son importantes en términos del desarrollo de sustitutos de grasa láctea humana por la imitación de su particular distribución de ácidos grasos presentes en la leche materna.

6.2. Aceite de cocina/aceite para fritura/grasa especial

La empresa Nisshin Oillio Group Ltd. (Japón) desarrolló y comercializó los primeros TAG de cadena media y larga, que ahora se utilizan ampliamente como aceite de cocina en Japón y en los Estados Unidos bajo el nombre Resetta. A una temperatura de 200 °C, se mantiene estable durante 30 minutos (Lai *et al.*, 2012). Koh *et al.*, (2009) junto con otros demostraron que los MLCT se pueden utilizar para cocinar, y en particular para

freír, cuando se mezclan con oleína de soja o palma (entre todas las fracciones de aceite de palma, solo la oleína de palma es adecuada para su uso como aceite para cocinar) (Lai *et al.*, 2012; Mohamed and FoadGomaa 2018). Los LCFA, por ejemplo, los C18:0, C18:1 y C18:3 encontrados en el aceite de soja y la oleína de palma aumentan el punto de humo de aceites con mezclas de MLCT. Mezclar los MLCT con aceite de soja u oleína de palma no solo aumenta el punto de humo sino que también ayuda a reducir su costo de fabricación (Kim *et al.*, 2018; Lai *et al.*, 2012) (Tabla 5). Los SL-MLM se utilizan para preparar dietas balanceadas para pacientes y niños con requisitos especiales. La lipasa pancreática es una enzima *sn-1,3* regioselectiva que hidroliza los TAG en *sn-2* monoacilgliceroles (2-MAG) y FA libres, en donde los MCFA liberados son fácilmente absorbidos por la ruta de la vena porta y se oxidan rápidamente en el hígado, proporcionando energía (Khodadadi *et al.*, (2013). Los SL MLM ofrecen beneficios nutricionales y metabólicos, tales como una mejor digestión y una absorción más fácil, y como fuente de energía más rápida en comparación con las grasas tradicionales.

7. Conclusiones

La presente revisión busca destacar los métodos utilizados para la producción de los SL, teniendo en cuenta la brecha entre las comparaciones integrales entre los métodos de síntesis de base química, enzimática y genética. Las futuras direc-

Tabla 4 - La preparación del 2-monooleoilglicerol para su uso posterior en la preparación de los lípidos estructurados (SLs) de tipo MLM [ABA].

Sustratos	Enzima	Resultados/Rendimiento	Condición/esquema óptimo	Referencias
Aceite de ricino + exceso de etanol (1:70 mol:mol)	Novozym 435 (14-15 g)	En la posición <i>sn-2</i> hay una disponibilidad de 72,8 % de ácido ricinoleico.	Aceite de ricino (28,0 g; 33,8 mmol). Etanol (112 g; 2,43 mol) combinado con enzima, y con agitación durante 4 h.	Compton <i>et al.</i> , (2014)
Cualquier aceite que contenga 46,2 % de ácido araquidónico + etanol	Novozym 435 (lipasa B de la <i>Candida antarctica</i>)	2-araquidonoilglicerol [2-MAG], 98/99 % de pureza y 85,3 % de 2-MAG [mol/mol].	Los 2-MAG fueron formados por la etanolólisis enzimática del aceite rico en ácido araquidónico con la lipasa Novozym 435. Se produjo un 34,1 % [superficie/superficie] de 2-MAG en la mezcla cruda.	Wang <i>et al.</i> , (2014)
Aceite de soja y etanol	Novozym 435, lipasa B inmovilizada de <i>C. antarctica</i> sobre resina Lewatit (5,0 g).	Usando la RMN de ¹ H se detectó que la pureza del 2-MAG era de 97-98 % y contenía aproximadamente 2 % de DAG.	Aceite de soja (10,0 g; 28,0 mmol), etanol (40 g, 868 mmol). Se mezclan con la enzima. El periodo de tiempo es de 4 h.	Compton <i>et al.</i> , (2013)

ciones en el campo se pueden resumir de la siguiente manera:

7.1. Síntesis

7.1.1. Catálisis verde y sostenible

Las próximas investigaciones deberían explorar el desarrollo de catalizadores enzimáticos eco-amigables (por ejemplo, lipasas inmovilizadas a partir de extremófilos) para reemplazar la interesterificación química.

Las enzimas diseñadas para tener una mayor tolerancia a los solventes, la temperatura y el pH pueden mejorar los rendimientos de la reacción a la vez que reducen el impacto ambiental.

7.1.2. Interesterificación de precisión

Los avances en la síntesis quimioenzimática, que combina la selectividad química y la especificidad enzimática, ofrecen una ruta más precisa para la síntesis de los SL. Estudios sobre los biorreactores basados en flujo y plataformas microfluídicas podrían mejorar el control sobre los parámetros de reacción y reducir los costos a escala.

7.1.3. Integración del aprendizaje automático

La integración de la IA y los modelos de

aprendizaje automático para predecir las óptimas interacciones enzima-sustrato y los parámetros de proceso, pueden acelerar los canales de desarrollo de los SL. Esto incluye la optimización de las posiciones de los ácidos grasos (*sn-1*, *sn-2*, *sn-3*) en las moléculas de TAG para beneficios de salud direccionados.

7.2. Ingeniería genética

7.2.1. La ingeniería metabólica promovida por CRISPR/Cas

El uso de los sistemas CRISPR/Cas9 y CRISPR/Cas12a para editar genes con precisión incluye una síntesis de los FA (por ejemplo, las FATB, LPAAT, DGAT1) que permite el desarrollo de cultivos oleaginosos que producen los SL enriquecidos en ácidos grasos específicos, tales como el ácido láurico, el ácido palmitoleico o los EPA/DHA.

7.2.2. Herramientas de biología sintética

El desarrollo de sistemas de expresión multigenética (por ejemplo, Cre/LoxP, Golden Gate) para expresar simultáneamente múltiples enzimas claves en las vías de la biosíntesis de los lípidos. Esto permite un control coordinado sobre la longitud de cadena de los FA y el posicionamiento en los TAG, imitando los perfiles de los SL en la grasa láctea humana o los CBE.

7.2.3. Modelado metabólico a escala genómica

Los modelos *in silico* pueden ayudar a diseñar distribuciones de flujo óptimas para una elevada productividad de los SL en plantas transgénicas o microbios. Esto mejorará las estrategias de ingeniería racionales y reducirá la carga de prueba y error en los experimentos a escala de laboratorio.

7.3. Aplicaciones

7.3.1. Nutrición personalizada y fórmulas infantiles

Las investigaciones futuras deberán focalizarse en el diseño de los SL que imiten la grasa láctea humana, en particular, con ácido palmítico estructurado en la posición *sn-2* para mejorar la absorción de calcio y la salud intestinal de los infantes. Los SL se pueden producir a medida para la nutrición geriátrica y las dietas clínicas.

7.3.2. Usos farmacéuticos y neuroprotectores

Los estudios también deberán explorar los SL enriquecidos con MCT y los FA omega-3 para aplicaciones de manejo de trastornos neurológicos, epilepsia, y mal de Alzheimer aprovechando su biodisponibilidad y sus vías metabólicas.

Tabla 5 - La reacción de interesterificación entre al menos dos aceites para obtener los SL deseados

Sustratos	Enzima	Resultados/Rendimiento	Condición/esquema óptimo	Referencias
Aceite de semilla de uva + aceite de perilla, 3:1	Lipozyme TL IM de la <i>Thermomyces lanuginosus</i>	Después de la interesterificación, la cantidad de TAG en PB se incrementó súbitamente. (0,6%–16,9%)	Tiempo: 6 h. Temperatura: 60 °C. La mezcla de la reacción se pasó por un filtro de jeringa descartable de 0,5 µm. Se almacenó a entre -18 °C y -20 °C.	Yang <i>et al.</i> (2013)
Aceite de linaza + estearina de palma	Lipozyme TLIM a 5 % (p/p)	El contenido de grasa sólida (SFC) se midió usando NMR. El perfil de fusión de los lípidos también mejoró.	Vacio: 100 Torr. Agitación: 150 rpm. Temperatura: 70 °C. Tiempo: 2, 3, 4, 5 h. La separación del catalizador fue asistida por filtración. Temperatura de almacenamiento de la mezcla interesterificada: 4° C.	Khodadadi <i>et al.</i> , (2013)
Mezclas de aceite de soja totalmente hidrogenado + aceite de nuez	5 % (por masa) de Lipozyme TLIM	Mejores propiedades físicas con 10 % de SFC a aproximadamente 20 °C.	Secado bajo vacío de 100 mmHg. Temperatura de 68 °C–72 °C. Agitación a 160 rpm. La enzima se adicionó en períodos de 30, 120 y 240 min.	Farfán <i>et al.</i> , (2015)
Aceite de linaza + tricaprilina en un medio de solvente orgánico	Novozyme 435, Lipozyme TLIM y Lipozyme RMIM. (0,5 %–4 %, p/v)	El rendimiento estuvo en el orden siguiente: Novozym 435 > Lipozyme TLIM > Lipozyme RMIM > Amano DF.	Temperatura de la reacción: 30 °C–50 °C. Concentración de enzima: (0,5 %–4 %, p/v). Actividad inicial del agua: 0,05–0,43. Tiempo de reacción: 0 – 72 h.	Miquel and Browse (1995)

7.3.3. La impresión de alimentos 3D y los alimentos funcionales

Los SL con puntos de fusión y comportamientos de cristalización diseñados se pueden usar en tintas basadas en grasa para la impresión de alimentos 3D o para estabilizar las nanoemulsiones en los sistemas de alimentos funcionales. Los próximos trabajos podrían explorar sus funciones en la entrega dirigida de bioactivos lipofílicos (por ejemplo, curcumina, CoQ10).

Contribución de los autores

Chandu S. Madankar concibió y diseñó el estudio, y redactó la primera versión del trabajo. Avishkar S. Bhagat redactó

la primera versión del trabajo. Elham K. Nasser redactó la primera versión del trabajo. Ammar B. Altemini redactó la primera versión del trabajo y lo revisó. Francesco Cacciola concibió y diseñó el estudio, y revisó el trabajo, y Nasser Mahna concibió y diseñó el estudio y revisó el trabajo. Todos los autores contribuyeron y aprobaron la versión final del trabajo.

Agradecimientos

La publicación de acceso abierto fue facilitada por la Università degli Studi di Messina, como parte de un acuerdo entre Wiley – CRUI – Care.

Declaración de ética

Los autores no tienen nada para informar.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Financiamiento

Los autores no recibieron financiamiento específico para este trabajo.

Referencias

Las Referencias Bibliográficas correspondientes al presente artículo pueden ser consultadas en el Anexo Referencias Bibliográficas ubicado al final de la versión A&G Digital de la Edición 140. Lo invitamos a acceder a nuestra publicación online en el siguiente enlace: www.asaga.org.ar/ag-digital ■



ACEITERA GENERAL DEHEZA S.A.

www.agd.com.ar



ALIMENTOS NATURALES

Aflatoxinas en aumento: como el cambio climático está remodelando la inocuidad alimentaria



AUTOR: MARCO BECCARIA
E-mail: marco.beccaria@unife.it

Material extraído de la edición de mayo de 2025, Volumen 36 (5) de INFORM y publicado bajo la expresa autorización de sus editores.

Resumen / Abstract

El aumento de las temperaturas globales, el estrés hídrico y las lluvias irregulares están ampliando los riesgos de contaminación por aflatoxinas en zonas que antes apenas estaban expuestas. Esto obliga a un monitoreo más estricto, mejoras en el almacenamiento y una revisión de las normativas por parte de organismos como la EFSA y la FDA. Para enfrentar esta amenaza creciente, se requieren modelos de riesgo dinámicos, mayor intercambio internacional de datos, cultivos resistentes y políticas de inocuidad alimentaria actualizadas.

Rising global temperatures, water stress, and irregular rainfall are expanding the risks of aflatoxin contamination in regions that previously had minimal exposure. This demands stricter monitoring, improved storage conditions, and a review of food safety regulations by agencies such as EFSA and FDA. To address this growing threat, dynamic risk models, increased international data sharing, resistant crops, and updated food safety policies are essential.

Palabras claves / Key words

Aflatoxinas; cambio climático; inocuidad alimentaria; monitoreo; regulación.

Aflatoxins; climate change; food safety; monitoring; regulation.

Las inquietudes sobre la contaminación por aflatoxinas en los alimentos comenzaron a surgir en la prensa no especializada en la década de 1960. El tema obtuvo una atención significativa luego del brote de la “enfermedad X del pavo” en 1960 en el Reino Unido, en donde una harina de maíz contaminada condujo a la muerte de más de 100.000 pavos.

Las aflatoxinas son metabolitos secundarios tóxicos producidos por el hongo *Aspergillus fungi*, que plantean una amenaza significativa para la inocuidad alimentaria y la salud humana. Las aflatoxinas, y particularmente la aflatoxina

B1, son carcinógenos potentes que se encuentran en los cultivos básicos como el maíz, el maní y las nueces de árbol. Dichas toxinas son químicamente estables y pueden soportar la mayoría de los pasos del procesamiento de alimentos y forrajes, resultando en la contaminación del producto final. El consumo de esos alimentos y forrajes contaminados puede causar efectos perjudiciales para la salud tanto para los humanos como para los animales.

Las condiciones ambientales, especialmente la temperatura, la humedad y el estrés por sequía influyen fuertemente en la proliferación del *Aspergillus flavus* y

el *Aspergillus parasiticus*. Con el cambio climático alterando los patrones globales de temperatura y humedad, las condiciones que conducen a la contaminación se están volviendo más prevalentes. Los modelos climáticos predicen que las crecientes temperaturas globales y las precipitaciones irregulares expandirán el rango geográfico de la contaminación por aflatoxinas, incrementando los riesgos en regiones no afectadas previamente.

Es muy posible que los patógenos de plantas evolucionen y se adapten a las nuevas condiciones ambientales. Es posible que dicha adaptación suceda más rápido que la adaptación del culti-

vo huésped. Las investigaciones pasadas han pronosticado una evolución acelerada, una mayor incidencia de enfermedades, cambios en las vías o la patología, e infecciones en las nuevas especies o poblaciones huésped.

• **Resultados de los estudios**

Según los investigadores, el cambio climático tendrá dos efectos predominantes sobre los cultivos. Se producirán más cultivos en regiones más frías y menos en regiones más cálidas. Como cabe esperar, la susceptibilidad de dichos cultivos a las infecciones con hongos también se modificará.

La escasez de agua es especialmente amenazante para los cultivos importantes, como el maíz y el maní, que pueden desarrollar el agrietamiento de las cáscaras y otros problemas que comprometan

al grano bajo una situación de estrés por calor y por sequía. El estrés por sequía también reduce la producción de fitoalexinas, por la síntesis de los compuestos antimicrobianos que protegen a la planta contra el crecimiento de patógenos.

Además, la fisiología de la planta cambiará junto con el cambio climático. Los patrones estomatales sobre las superficies de la hoja influirán sobre la transpiración y la capacidad fotosintética y por consiguiente es posible que experimenten una invasión de patógenos (<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13323>). Los investigadores pronostican que para el año 2050 los cultivos experimentarán temporadas de crecimiento más cortas, y que la maduración para la cosecha se producirá antes de los períodos de tiempo actuales.

Varios estudios indican que los climas más cálidos promueven el desarro-

llo de hongos y la producción de toxinas. Como se encuentra resaltado en la imagen precedente por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), un aspecto individual del cambio climático como las crecientes temperaturas puede impactar sobre múltiples peligros para la inocuidad alimentaria. Las temperaturas más elevadas, en combinación con el estrés de la planta inducido por la sequía, debilitan las defensas de la planta y hacen que los cultivos sean más susceptibles de una invasión por hongos. En cambio, los eventos de precipitaciones extremas pueden llevar a condiciones inadecuadas de secado y almacenamiento, exacerbando aún más los riesgos de contaminación.

El clima cambiante también está llevando a la prevalencia de las aflatoxinas a regiones más templadas, y esto presenta desafíos para los marcos regulatorios y

Cómo un aspecto individual del cambio climático como las crecientes temperaturas pueden impactar sobre múltiples peligros para la inocuidad alimentaria.

Las temperaturas en aumento pueden afectar a los alimentos en todo el mundo por

- El incremento de la incidencia de infecciones producidas por patógenos transmitidos por alimentos y por el agua
- La promoción de una mayor ingesta de metales pesados tóxicos en los cultivos básicos
- La expansión de floraciones de algas perjudiciales y la afectación de la seguridad de los frutos de mar
- El direccionamiento de las plagas de plantas a territorios nuevos potencialmente conduce al exceso de uso de plaguicidas
- En nuevas regiones emergen plantas más susceptibles a infecciones por hongos y micotoxinas

Una ilustración del impacto de un aspecto individual del cambio climático, las temperaturas crecientes, sobre varios peligros para la inocuidad alimentaria como los patógenos transmitidos por alimentos, las micotoxinas, las toxinas algales y los metales pesados, simultáneamente y a nivel global.

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2020.

los protocolos de inocuidad alimentaria. Efectivamente, los expertos anticipan un incremento general en el número de países en riesgo de niveles elevados de contaminación por aflatoxinas durante los próximos 80 años, llegando a regiones de un país que históricamente nunca había enfrentado ese desafío (<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13323>).

• La mitigación del riesgo

Para mitigar los crecientes riesgos provocados por las aflatoxinas, la industria alimentaria debe adoptar estrategias integrales para reducir su acumulación en los cultivos y la subsiguiente exposición de los humanos y los animales. En EE.UU., el éxito de los productos de biocontrol como los biopesticidas ha estimulado a los investigadores a desarrollar, adaptar y mejorar el abordaje del biocontrol para los agro-ecosistemas africanos. Dichas estrategias, junto con una resistencia mejorada a través de la reproducción selectiva, son esenciales para contrarrestar la contaminación por micotoxinas, especialmente en los países en desarrollo.

Sin embargo, otras soluciones como el monitoreo y la destrucción de los cultivos, el secado de los granos, la clasificación, el almacenamiento adecuado y el procesamiento posterior a la cosecha requieren mucho tiempo, trabajo y dinero para la mayoría de los países en desarrollo.

Los investigadores argumentan que necesitan mejores modelos predictivos que combinen la ocurrencia de la contaminación con conjuntos de datos georreferenciados. “Contar con conjuntos de datos de largo plazo es un requisito previo fundamental para descubrir las huellas de la variación climática interanual en la contaminación por micotoxinas, y lo mismo sucede para las validaciones de un modelo predictivo robusto”, escribieron en un trabajo de revisiones integrales (<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13323>).

Por último, las regulaciones existentes, como las establecidas por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los EE.UU., establecen los límites máximos permitidos para las aflatoxinas en alimentos y forrajes. No obstante, el cambio climático está incrementando la frecuencia de los eventos de contaminación, y se necesita una reevaluación de los marcos regulatorios actuales.

Las políticas futuras deberían poner énfasis en lo siguiente:

- Modelos dinámicos de evaluación de riesgo que integren predicciones climáticas.
- Colaboración internacional para sistemas de alerta temprana y plataformas de intercambio internacional de datos.
- Desarrollo de variedades de cultivos genéticamente resistentes usando técnicas de reproducción avanzadas.
- Fortalecimiento de las regulaciones de seguridad alimentaria y su adaptación a las tendencias de contaminación emergentes.

Los químicos analíticos están desarrollando procedimientos sensibles, robustos y confiables para respaldar las evaluaciones de riesgo actualizadas y los requisitos regulatorios, mientras que se mantienen al día con el desarrollo del instrumental técnico. Las agencias federales continúan reduciendo los niveles máximos permitidos de aflatoxinas en los productos alimenticios de acuerdo con los nuevos hallazgos toxicológicos, en base a la mayor sensibilidad de los métodos analíticos más nuevos (<https://doi.org/10.3390/foods12030527>).

La cromatografía líquida de alta presión (HPLC) prevalece como la técnica analítica preferida para la detección de las aflatoxinas. Con frecuencia se encuentran disponibles los instrumentos y las técnicas de extracción son sencillas. No obstante, el uso de la espectroscopia de masas (MS) para la detección durante los análisis de rutina incremen-

tan el costo operativo, y esto limita su uso. Aunque la LC-MS tiene capacidad para analizar los niveles de sensibilidad requerida, los efectos de matriz necesitan el uso de una cromatografía multidimensional. No obstante, este es un abordaje nuevo que no se usa rutinariamente a pesar de su potencial para una mejor separación.

De manera alternativa, los investigadores están cada vez más interesados en los abordajes analíticos directos utilizando inmunoensayos. El ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) y los dispositivos de flujo lateral se pueden utilizar para el análisis rápido de múltiples muestras con mínimas preparaciones. Para estas técnicas populares solo se necesita una muestra de extracto líquido que permite obtener resultados cualitativos o cuantitativos inmediatos. Cuando se combinan con imagenología hiperespectral se podrían adaptar en dispositivos portátiles que eliminarían el trabajo de laboratorio fuera del sitio.

Como el cambio climático exacerba los riesgos de contaminación por aflatoxinas, la industria alimentaria debe adaptarse proactivamente para garantizar la inocuidad alimentaria. El fortalecimiento de los sistemas de monitoreo, la optimización de las condiciones de almacenamiento, y la inversión en métodos de detoxificación innovadores son pasos críticos. Además, los cuerpos regulatorios deben evolucionar para abordar los desafíos emergentes provocados por la proliferación de aflatoxinas inducidas por el clima, para garantizar la inocuidad alimentaria y la protección de la salud pública a nivel global.

Marco Beccaria es profesor adjunto de química de alimentos en la Universidad de Ferrara, Italia. Se especializa en metodologías analíticas avanzadas y aplicaciones de metabolómica en biofuentes y seguridad, autenticidad y calidad alimentaria. Puede ser contactado en: marco.beccaria@unife.it ■



Provisión de Ingeniería para la construcción y montaje de Plantas, máquinas y equipos para la extracción de aceites vegetales, su posterior refinación y tratamiento de los expellers obtenidos

TECNOLOGIA INTEGRAL PARA EL PROCESAMIENTO DE CEREALES Y OLEAGINOSAS

TIPCO S:R:L
Parque Industrial Norte, Lote 18, Damaso Valdes 2005,
San Nicolás - Buenos Aires - Argentina
www.tipco.com.ar



El impacto de los métodos de extracción y recuperación sobre la calidad del aceite de almendras: una perspectiva lipidómica



AUTORES: FERNANDA FURLAN GONCALVES DIAS y CO-AUTORES
E-mail: ffgdias@umn.edu

Material extraído de la edición de mayo de 2025, Volumen 36 (5) de INFORM y publicado bajo la expresa autorización de sus editores.

Resumen / Abstract

El aumento de la producción global de almendras y la demanda por aceites especiales, promueve la búsqueda de técnicas de extracción alternativas, que prioricen la amigabilidad ambiental, la sustentabilidad y la conservación de la calidad. Se propusieron procesos de extracción acuosa y acuosa enzimática. Se evaluaron el perfil de ácidos grasos totales, marcadores de oxidación convencionales, como el índice de peróxidos y de *p*-anisidina, marcadores lipidómicos de oxidación primaria, es decir las oxilipinas, el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante. No se observaron cambios significativos en el perfil de ácidos grasos del aceite recuperado, en el perfil de la oxidación lipídica ni en el valor TOTOX para las distintas estrategias de extracción o demulsificación empleadas. En cambio, los aceites extraídos con agua y enzimáticamente exhibieron un contenido de fenoles totales y una actividad antioxidante significativamente más elevadas, en comparación con los aceites extraídos con hexano. Los marcadores convencionales como el índice de peróxidos y el índice de *p*-anisidina, fallaron en revelar cambios significativos basados en los métodos de extracción y recuperación empleados. Un abordaje lipidómico focalizado en la cuantificación de las oxilipinas, descubrió que el aceite extraído con solvente exhibió aumentos en los niveles de oxilipinas. Dichos hallazgos ofrecen conocimientos valiosos de la aplicación más amplia del análisis lipidómico, para diseñar mejores métodos de extracción y recuperación sustentables y producir aceites de almendras con la deseada calidad y estabilidad oxidativa.

*The increase in global almond production and the demand for specialty oils is promoting the search for alternative extraction techniques that prioritize environmental friendliness, sustainability, and quality preservation. Aqueous and enzymatic aqueous extraction processes were proposed. The total fatty acid profile, conventional oxidation markers such as the peroxide value and *p*-anisidine, lipidomic markers of primary oxidation, i.e., oxylipins, total phenol content, and antioxidant activity were evaluated. No significant changes were observed in the fatty acid profile of the recovered oil, in the lipid oxidation profile, or in the TOTOX value for the different extraction or demulsification strategies employed. In contrast, water- and enzymatically extracted oils exhibited significantly higher total phenolic content and antioxidant activity compared to hexane-extracted oils. Conventional markers such as peroxide value and *p*-anisidine value failed to reveal significant changes based on the extraction and recovery methods employed. A lipidomic approach focused on oxylipin quantification found that solvent-extracted oil exhibited significantly higher oxylipin levels. These findings offer valuable insights into the broader application of lipidomic analysis to design better, sustainable extraction and recovery methods and produce almond oils with the desired quality and oxidative stability.*

Palabras claves / Key words

Aceite de almendras; extracción acuosa; extracción enzimática; oxilipinas.

Almond oil; aqueous extraction; enzymatic extraction; oxylipins.

El perfil químico único del aceite de almendras lo vuelve muy buscado para las formulaciones de la industria alimentaria y de cosméticos. La calidad del aceite de almendras cumple un papel clave en la determinación de su valor de mercado y de la aceptación por los consumidores, que están influidos por los métodos de extracción y recuperación, así como también por las condiciones de almacenamiento.

El aceite de almendras se extrae principalmente a partir de almendras dulces usando prensado mecánico. Mientras que este abordaje rinde un aceite de alta calidad, con frecuencia resulta en bajos rendimientos de extracción y en una harina rica en proteína, con un contenido lipídico variable, que requiere un proceso adicional de extracción por solvente para extraer el aceite residual. Los métodos de extracción basados en solvente pueden alcanzar rendimientos más elevados, pero el uso de solventes plantea preocupaciones significativas respecto al impacto sobre la seguridad, la salud y el medio ambiente. Además, las operaciones unitarias como el prensado y la extracción de lípidos en general pueden promover la desnaturación de la proteína y perjudicar la extractabilidad y la funcionalidad. Por consiguiente, exploramos un abordaje holístico que simultáneamente puede extraer aceite y proteína, mientras retiene calidad.

• **Importancia del producto**

Las almendras, que crecen en uno de los árboles de nueces más extensamente cultivados a nivel global, son altamente valiosas por su rico sabor y aroma, sus propiedades nutricionales y sus versátiles aplicaciones. En 2023, se proyectó que la producción global de almendras alcanzaría 2.6 mil millones de libras, con Estados Unidos liderando como el mayor productor y consumidor. Las almendras suministran nutrientes esenciales, que incluyen proteínas, lípidos, vitaminas, minerales y fibra dietaria, y esto las convierte en un componente clave de una dieta balanceada. El aceite de almendras, que deriva de las almendras, es particularmente notable por su composición, que predominantemente se compone de ácidos grasos monoinsaturados, tales como el ácido oleico, y ácidos grasos poliinsaturados, que incluyen al ácido linoleico. También contiene compuestos bioactivos, como tocoferoles, polifenoles y flavonoides, que contribuyen a sus propiedades antioxidantes.

El aumento de la producción global de almendras, junto con la creciente demanda por aceites especiales, señala la urgencia por técnicas de extracción alternativas, que prioricen la amigabilidad ambiental, la sustentabilidad y la conservación de la calidad del aceite y de la proteína. Las estrategias de extrac-

ción ambientalmente amigables como los procesos de extracción acuosa y acuosa enzimática, han sido aplicadas exitosamente para extraer lípidos, proteínas y carbohidratos solubles a partir de la harina de almendras. Dichos métodos eliminan la necesidad del prensado mecánico y el uso posterior de solvente inflamables, para extraer el aceite residual de la harina rica en proteína.

Según estudios previos, aunque dichos procesos pueden lograr un rendimiento de extracción de lípidos y proteínas de aproximadamente un 75 %, un 90 % o más del aceite extraído queda atrapado en una emulsión. Con el ajuste del pH de la emulsión al punto isoeléctrico de la proteína, es posible romper la emulsión rica en aceite y el aceite se puede recuperar. Otro abordaje es incorporar enzimas que desestabilizan la emulsión, facilitando, por consiguiente, la liberación de aceite. Un proceso de extracción asistido por enzimas junto con la demulsificación enzimática y química, es una estrategia exitosa para romper la emulsión extraída y recuperar el aceite atrapado.

• **Entender los efectos de la extracción**

Nuestro equipo investigó el impacto colectivo de los procesos de extracción y las estrategias de recuperación ambientalmente amigables sobre la cali-

...

- El análisis lipidómico reveló mayores marcadores de oxidación en el aceite de almendras extraído con solvente versus métodos más verdes, a pesar de que los marcadores de calidad convencionales no mostraron diferencias.
- Los métodos de extracción acuosa y enzimática resultaron en aceites con mayores contenidos fenólicos y actividad antioxidante que los de la extracción por solvente.
- La composición de ácidos grasos se mantuvo consistente en todos los métodos de extracción, siendo los ácidos oleico, linoleico y palmítico los predominantes, independientemente de la técnica.
- Las alternativas de extracción ambientalmente amigables ofrecen una calidad de aceite comparable o mejor y eliminan los riesgos de seguridad y medio ambiente asociados con los solventes.



dad del aceite de almendras. Otros investigadores informaron que alcanzaron rendimientos de demulsificación de 81 y 93 %. Ellos atribuyeron esto a la formación de una emulsión más débil, causada por la hidrólisis completa de la unidad α de arandina y la generación de péptidos de menor tamaño, por la acción de la proteasa durante el proceso de extracción. Sin embargo, aún resulta necesario entender los efectos de las distintas estrategias de extracción y recuperación sobre la calidad y el perfil oxidativo del aceite de almendras.

Nosotros analizamos cómo la extracción acuosa y la enzimática, junto con la demulsificación química o enzimática influyen sobre varios aspectos composicionales y de calidad del aceite de almendras. Evaluamos las clases de lípidos, el perfil de ácidos grasos totales y los marcadores de oxidación convencionales, como el índice de peróxidos y de *p*-anisidina, junto con los marcadores lipídicos de oxidación primaria, es decir las oxilipinas, usando cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS/MS). El equipo también midió el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante. Planteamos que el uso de distintos métodos de extracción y recuperación podría influir sobre la calidad del aceite.

Nuestro equipo buscó entender de manera integral las especies lipídicas presentes en los aceites. El uso de un abordaje lipídico, basado en la cuantificación de las oxilipinas, ofreció una mayor sensibilidad que la de los marcadores convencionales y eso contribuyó a identificar lípidos y biomarcadores específicos que son indicativos de la calidad del aceite.

• El efecto sobre la composición de ácidos grasos

Independientemente de la extracción (acuosa, enzimática, por solvente) y de los métodos de recuperación utilizados (químico o enzimático), no observamos

cambios significativos en el perfil de ácidos grasos del aceite recuperado. Los ácidos grasos identificados en el aceite de almendras fueron predominantemente los ácidos oleico, linoleico y palmítico, además de otros compuestos menores. Estos resultados están de acuerdo con un trabajo previo, que informó la composición de ácidos grasos del aceite de almendras.

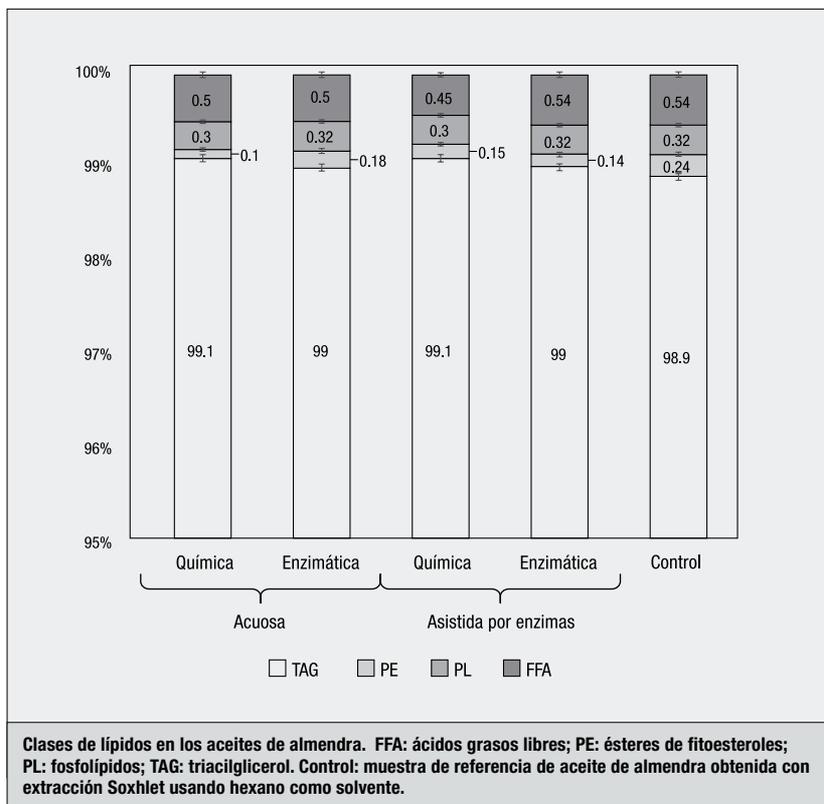
Nuestros resultados también están de acuerdo con los informados por otros grupos, que encontraron diferencias significativas en el perfil de ácidos grasos del aceite de almendras silvestre o de sésamo, extraídos con extracción asistida por enzimas, en comparación con el aceite extraído con hexano. Sin embargo, no proporcionaron información sobre las estrategias de recuperación empleadas.

La composición de las clases de lípidos de los aceites extraídos tampoco estuvo afectada por las estrategias de extracción o recuperación empleadas. La mayoría de los ácidos grasos en los aceites de almendras estaban presentes en la forma

esterificada, con 99 % de triacilglicerol (TAG) y cantidades reducidas de ésteres de fitoesteres (PE), fosfolípidos (PL) y ácidos grasos libres. Otros investigadores informaron valores de ácidos grasos libres levemente superiores en el aceite de sésamo extraído con solvente. Los autores atribuyen este leve incremento en los ácidos grasos libres a la temperatura más elevada usada en la extracción Soxhlet. Es de destacar que los bajos valores de ácidos grasos libres indican una baja rancidez hidrolítica y buena calidad del aceite. A nuestro mejor saber y entender, no hay estudios que hayan informado los efectos combinados de la extracción y la desestabilización de la emulsión, sobre la distribución general de las clases de lípidos del aceite de almendras.

• Los efectos sobre el perfil oxidativo

Las estrategias de extracción y desestabilización de la emulsión no afectaron significativamente el perfil de la oxidación lipídica de los aceites de almendras



extraídos, cuando se utilizaron marcadores de oxidación convencionales. Los productos de la oxidación primaria, evaluados por los índices de peróxidos, oscilaron entre 1,7 a 1,9 meq/kg de aceite, mientras que los productos de la oxidación secundaria, medidos por los índices de *p*-anisidina, oscilaron entre 0,2 y 0,5. No se observaron diferencias significativas entre los aceites extraídos con métodos acuosos y enzimáticos y el control (aceite extraído con solvente). Se informaron índices de peróxidos similares, que oscilaron entre 1,9 y 3,2 meq/kg de aceite en distintas variedades de aceite de almendras dulce, que se ubicaron bien por debajo de la recomendación de 15 meq/kg del *Codex Alimentarius*.

En forma similar, se informó que no se observaron diferencias significativas en los perfiles de la oxidación lipídica entre el aceite de sésamo extraído por solvente y el aceite de sésamo extraído con asistencia de enzimas, usando varias preparaciones de enzimas. Es más, otros grupos de investigación no observaron diferencias estadísticamente significativas en los índices de peróxidos y *p*-anisidina del aceite de nuez pecan, extraído usando extracción acuosa asistida por enzimas.

Por el contrario, un grupo de investigación informó que el aceite de almendras extraído enzimáticamente exhibió un índice de peróxido más reducido (1,03 vs. 1,21 meq/kg) pero un índice de *p*-anisidina más elevado (4,48 vs. 2,82), cuando se lo comparó con el aceite extraído con hexano. No obstante, los autores declararon que, en general, los atributos de calidad de los aceites extraídos con solvente y los extraídos enzimáticamente eran muy similares.

Nuestros resultados fueron levemente superiores para el peróxido y significativamente menores para la *p*-anisidina, cuando se compararon con estos resultados, usando aceite de almendras silvestres. Teniendo en cuenta la inestabilidad y la tasa de conversión de los productos de la oxidación primaria tales como

los peróxidos en productos secundarios capturados por la medición de la *p*-anisidina, la comparación del valor TOTOX de los aceites se convierte en una herramienta útil.

El valor TOTOX representa a los productos primarios y secundarios y refleja más eficientemente al estado de oxidación general de los aceites. El valor TOTOX para las muestras de aceite de almendras no se vio significativamente afectado por las estrategias de extracción o demulsificación empleadas, ni tampoco por el uso de solventes y los valores TOTOX oscilaron entre 4,0 y 4,3. Dichos valores fueron considerablemente inferiores a los informados para el aceite de almendras silvestres, que exhibió un valor TOTOX de 6,55 para el aceite extraído enzimáticamente. Esta diferencia se podría atribuir a distintas condiciones de extracción entre ambos estudios, particularmente el tiempo de la extracción, 1 hora a 50 °C en el nuestro versus 5 horas a 50 °C en el de ellos, que podría favorecer la oxidación lipídica. Por otra parte, otros factores como la variedad de la muestra, las condiciones de almacenamiento y los métodos de muestreo también podrían influir sobre el estado general de la oxidación lipídica y contribuir a las diferencias observadas.

• Los efectos sobre el perfil de la oxilipina

Las principales oxilipinas que identificamos derivaron del ácido linoleico, el principal ácido graso poliinsaturado en las almendras, y del ácido alfa-linoleico. Aproximadamente 84 %, 12 % y 6 % del total de oxilipinas identificadas en las muestras de aceite de almendras estaban presentes como formas epoxi [ácido 12,13-epoxioctadecenoico (12,13-EpOME)], triol [ácido 9,10,13-trihidróxido-11-octadecenoico (9,12,13, TriHOME)] y monohidroxiado [ácido 13-hidroxi-octadecadienoico (13-HODE) y ácido 9-hidroxi-octadecadienoico (9-HODE)], respectivamente.

De manera similar, otro grupo informó concentraciones elevadas de epoxi y metabolitos monohidroxiados en aceites altos en ácido linoleico, como los de soja y maíz. No existen estudios que informen los niveles de oxilipinas en el aceite de almendras.

Para el control (aceite extraído con hexano), se observaron concentraciones significativamente superiores de 12,13-EpOME y 13-HOME, en comparación con los aceites de almendras extraídos enzimáticamente, independientemente del método de recuperación empleado. Los métodos de extracción y recuperación no alteraron considerablemente la concentración de oxilipinas identificadas. No queda claro si dichos compuestos se producen por procesos de autooxidación o enzimáticos durante varias etapas del procesamiento, tales como la cosecha, la molienda, la extracción y la recuperación.

Es importante destacar que los efectos de matriz en la cuantificación de las oxilipinas del aceite de almendras, oscilaron entre 87,5 % y 102,9 %. Notablemente, estos efectos de matriz fueron mínimos y se ubicaron dentro de un rango aceptable, con el valor de 100 %, denotando que no había efectos de matriz.

La supresión o el mejoramiento de iones que resultan de los efectos de matriz, pueden impactar la precisión del análisis cuantitativo y comprometer potencialmente al método de reproducibilidad. Los valores de la recuperación subrogada estándar oscilaron entre 81 % y 96 %, indicando niveles aceptables. Además, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de recuperación de ningún compuesto para todas las muestras.

Dichos resultados subrayan la efectividad de un abordaje lipidómico dirigido y basado en la cuantificación de las oxilipinas, como marcadores sensibles para la oxidación lipídica en el aceite de almendras, en comparación con los marcadores oxidativos convencionales

como el peróxido y la *p*-anisidina. La mayor concentración de oxilipinas en el aceite extraído con hexano, en comparación con los aceites extraídos con agua y enzimáticamente, podría ser atribuida potencialmente a una temperatura de extracción más elevada.

Es más, las oxilipinas se pueden degradar rápidamente en compuestos volátiles secundarios no capturados por el ensayo de *p*-anisidina. El destino de las oxilipinas durante la extracción y la recuperación del aceite de almendra, no queda claro y merece una investigación adicional, para entender totalmente la formación de productos secundarios e identificar sus estructuras químicas.

• **Los efectos sobre el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante**

La estabilidad del aceite se ve influida en primer lugar por la composición de ácidos grasos y la presencia de componentes bioactivos menores como los tocoferoles, los compuestos fenólicos y el fósforo. Los aceites extraídos con agua y enzimáticamente exhibieron un contenido de fenoles total (TPC, en inglés) y una actividad antioxidante significativamente más elevadas, medi-

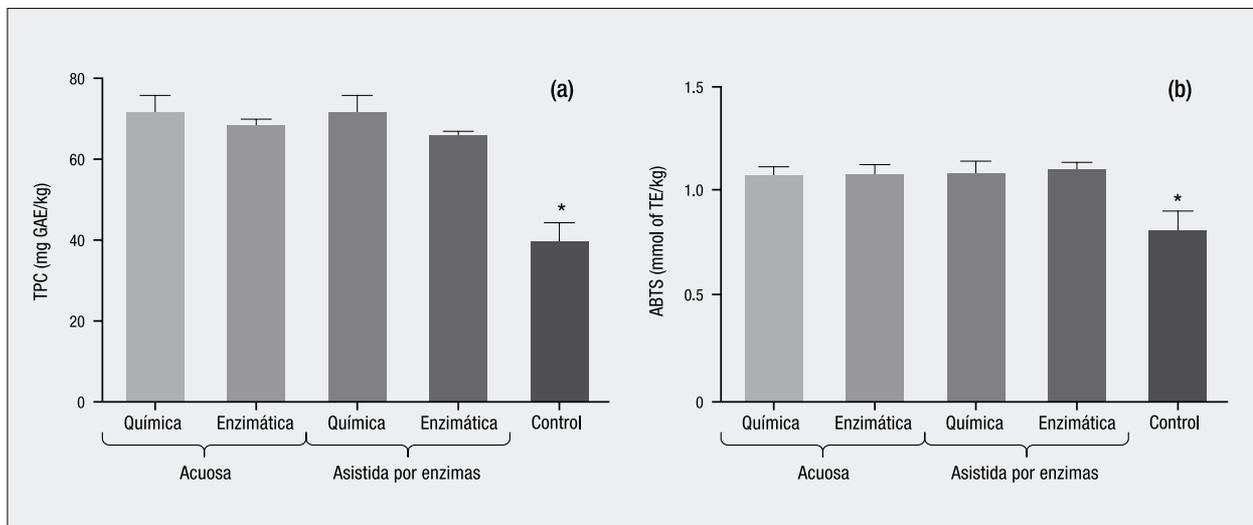
das por el ensayo del radical ABTS, en comparación con los aceites extraídos con hexano. Se observó que el TPC en los aceites extraídos con agua y enzimáticamente era significativamente más elevado que el del control (aceite extraído con hexano). Esto podría resultar de la complejación reducida de los compuestos fenólicos con los componentes de materiales iniciales, que mejoraría su extractabilidad en la fase acuosa.

Por consiguiente, la mayor disponibilidad fenólica en la fase acuosa podría resultar en una partición más grande de los compuestos fenólicos en la fase de aceite. Se informaron valores de TPC levemente superiores, que oscilaron entre 85,3 y 141,6 mg GAE/kg, en el aceite de almendras prensado, a partir de distintas variedades producidas en la región este de Marruecos. Dicha variación se puede atribuir a varios factores, que incluyen la variedad de la almendra, los métodos de extracción y las prácticas agrícolas.

De acuerdo con los resultados del TPC, también se observó una actividad antioxidante mayor para los aceites extraídos con agua y con asistencia de enzimas, en comparación con el aceite extraído con solvente. Se informaron resultados similares para el aceite de sésamo, en

donde el aceite obtenido del proceso de extracción asistido por enzimas exhibió un mayor TPC y mayor capacidad antioxidante, en comparación con el aceite extraído con solvente. Nosotros planteamos que el proceso de extracción acuosa (AEP, en inglés) y la extracción acuosa asistida por enzimas (EAEP, en inglés) mejoran la extractabilidad de los compuestos fenólicos hidrofóbicos con distintos niveles de hidrofobicidad y facilitan su partición en la fase lipídica.

Aunque no hay investigaciones previas que hayan analizado específicamente las propiedades antioxidantes de los aceites de almendras extraídos con agua y enzimáticamente, una investigación previa sobre el aceite de oliva planteó que la extracción enzimática puede mejorar la capacidad antioxidante del aceite, optimizando la extractabilidad y transfiriendo los componentes menores como los polifenoles y tocoferoles al aceite. Este mejoramiento contribuye a las características antioxidantes superiores observadas en dichos aceites. Es más, el mayor TPC y la mayor capacidad antioxidante de los aceites de almendras extraídos con agua y enzimáticamente, concuerda con sus concentraciones reducidas de oxilipinas, planteando el papel protector potencial de los polifenoles sobre los metabolitos de ácidos grasos



El contenido de fenoles totales (TPC) (a) y la actividad antioxidante (B) de los aceites de almendra usando el ensayo del radical ABST. * Indica las diferencias estadísticamente significativas usando un ANOVA seguido de una prueba de Tukey a 0,05. Control: muestra de referencia de aceite de almendra obtenida con extracción Soxhlet usando hexano como solvente.

en esos aceites, cuando se comparan con el aceite extraído con solvente.

• Observaciones

Los marcadores convencionales como el índice de peróxidos y el índice de *p*-anisidina, junto con la composición de ácidos grasos, han fallado en revelar cambios significativos basados en los métodos de extracción y recuperación empleados. No obstante, un abordaje lipídico dirigido que se focalizó en la cuantificación de las oxilipinas descubrió que el aceite extraído con solvente exhibió niveles de oxilipinas notablemente mayores en comparación con los aceites obtenidos con extracción verde, independientemente de la estrategia de recuperación.

El análisis de componentes principales resaltó las distintas diferencias entre el aceite extraído con solvente y los aceites de almendras extraídos con agua y enzimáticamente, usando oxilipinas como marcadores de la oxidación lipídica. Además, los aceites extraídos con extracción acuosa y extracción asistida por enzimas mostraron un TPC y una actividad antioxidante significativamente superiores en comparación con el aceite extraído con solvente, que podría haber promovido algún nivel de protección contra la oxidación lipídica, de acuerdo con sus bajas concentraciones de oxilipinas. Dichos hallazgos ofrecen conocimientos valiosos de la aplicación más amplia del análisis lipídico, para diseñar mejores métodos de extracción y recuperación sustentables para producir aceites de almendras

con la deseada calidad y estabilidad oxidativa.

Fernanda Furlan Goncalves Dias es profesora adjunta de ciencia de los alimentos y nutrición en la Universidad de Minnesota, en Minneapolis. Puede ser contactada en: ffgdias@umn.edu.

Este artículo es un resumen de un trabajo de investigación de acceso abierto publicado en la revista "Journal of the American Oil Chemists' Society" titulado "Integrated impact of environmentally friendly extraction and recovery methods on almond oil quality: Insights from a lipidomic perspective". Para leer el trabajo completo, incluyendo las citas, secciones, y figuras faltantes, visitar: <https://doi.org/10.1002/aocs.12941> ■



OILS & FATS INTERNATIONAL

PRINT DIGITAL WEBSITE NEWSLETTER

OFI Magazine is published eight times per year in print and digital formats. Each print issue has a total worldwide print circulation of 6,300, with an estimated net total readership exceeding 32,500. Our digital edition reaches 12,852 industry professionals.

OVER 38 YEARS COVERING OIL CROPS & ANIMAL FATS

Contact: Mark Winthrop-Wallace • markwww@quartzltd.com



El boletín semanal **OFI** es gratuito.
Regístrese en:
www.ofimagazine.com/e-newsletter
o escanear el código QR

INVITACIÓN
ESPECIAL PARA
LECTORES
DE A&G

WWW.OFIMAGAZINE.COM

Características y utilización de las tierras de blanqueo y carbón activado en el proceso de refinación de aceites alimentarios

La ciencia y el arte del buen diseño



AUTOR: PAT HOWES

Material extraído de la edición de junio de 2025 de OFI en www.ofimagazine.com y publicado con autorización de sus editores.

Resumen / Abstract

Las tierras de blanqueo de hoy han evolucionado desde la edad preindustrial a una variedad de arcillas modernas especialmente diseñadas que se mezclan y se tratan con ácidos o químicos para producir un producto más eficiente y además, para purificar el aceite comestible. El presente artículo da cuenta del rol que cumplen las tierras de blanqueo y el carbón activado, en el proceso de refinación de aceites y grasas, así como también las propiedades de las mismas y los distintos tipos que es posible utilizar para llevar a cabo el proceso de manera eficiente. Finalmente se describen aspectos relacionados con la seguridad alimentaria y ambiental.

Today's bleaching earth has evolved from the pre-industrial era to a variety of modern, specially designed clays that are blended and treated with acids or chemicals to produce a more efficient product for purifying edible oil. This article describes the role that bleaching earths and activated carbon play in the oil refining process, as well as their properties and the different types that can be used to carry out the process efficiently. Finally, aspects related to food and environmental safety are described.

Palabras claves / Key words

Tierras de Blanqueo; Carbón Activado; Refinación Química y Física; pigmentos; jabones; gomas; impurezas; trazas metálicas.

Bleaching Earth; Activated Carbon; Chemical and Physical Refining; pigments; gums; soaps and metallic traces.

La evolución de las tierras de blanqueo, desde sus orígenes en la tierra de batan de Fuller a las formas modernas que se utilizan hoy en día, ha incluido cambios tanto en el tipo de materiales de las que provienen como así también en la manera en que se producen.

Desde las arcillas simples utilizadas en tiempos antiguos para “abatantar” o limpiar la lana, hoy las tierras de blanqueo comprenden una variedad de arcillas especialmente diseñadas que son tratadas con ácidos u otros químicos para incrementar su área superficial, su porosidad y su efectividad.

Las tierras de blanqueo de hoy tienen amplias aplicaciones en todas las industrias como las farmacéuticas, las de cosméticos, de combustibles, las alimentarias e incluso las de aceites comestibles.

También deben cumplir con un abordaje creciente de sustentabilidad e impacto ambiental.

• Su rol en la refinación del aceite comestible

Las tierras de blanqueo se utilizan en la refinación del aceite comestible para

extraer las impurezas que hacen que el aceite no sea apto para la alimentación, desagradable o que tal vez genere salpicaduras o espumado cuando se fríen alimentos húmedos. También mejoran la vida útil de los aceites evitando la rancidez.

Los aceites y las grasas se pueden refinar química o físicamente, y la diferencia es la manera en la cual los ácidos grasos libres son extraídos del aceite. En la refinación química, los ácidos grasos libres son neutralizados con un álcali como soda cáustica, y luego, los jabones que se generan se separan del aceite por centrifugación.

En la refinación física, las etapas de neutralización y lavado se omiten, y los ácidos grasos libres se extraen usando un proceso de destilación por vapor operando bajo vacío (Desodorización).

La refinación física es la preferida debido a sus menores costos de inversión de capital, y además porque se necesitan menos equipos de proceso y también porque produce una menor cantidad de efluentes.

La etapa de blanqueo se lleva a cabo después de las etapas de desgomado, neutralización y lavado (Figura 1).

En la refinación química, los agentes utilizados en el desgomado como el ácido fosfórico o cítrico se usan para extraer los fosfolípidos (gomas), las trazas metálicas y algunos pigmentos. La soda cáustica se utiliza para neutralizar el aceite extrayendo los ácidos grasos libres; el agua se utiliza durante la eta-

pa de lavado para extraer el residual de jabones presentes en el aceite, las gommas hidratables en agua, algunas trazas metálicas y pigmentos; y posteriormente se adiciona tierra de blanqueo al aceite para extraer los pigmentos, los productos de oxidación, los fosfátidos residuales, los jabones y las trazas metálicas.

Después de la etapa de blanqueo, el aceite se filtra para extraer la tierra de blanqueo, y se usa desodorización, refinación por vapor o destilación molecular para producir un aceite totalmente refinado que debería ser inodoro, insípido, estable a la oxidación (vida útil prolongada), sin espuma o salpicaduras cuando se fríen alimentos húmedos, y nutricionalmente saludable con el color deseado.

Para el tratamiento del aceite rojo de palma se utiliza una tierra de blanqueo especial que permite conservar los carotenos ya que son beneficiosos que se mantengan presentes en el aceite, y ade-

más se utiliza destilación molecular para evitar la destrucción de los carotenos durante el proceso de desodorización.

La refinación física se desarrolló durante la década de 1980 con el crecimiento de los volúmenes de aceite de palma en el mercado de aceites y grasas. El aceite de palma exhibe un contenido de ácidos grasos relativamente elevado en comparación con otros aceites comestibles, pero a su vez tiene un menor contenido de gommas, por lo cual, no es muy soluble en agua. La utilización de la refinación física hizo posible la eliminación de las etapas de neutralización, lavado y secado, generando mayores demandas en la etapa de blanqueo.

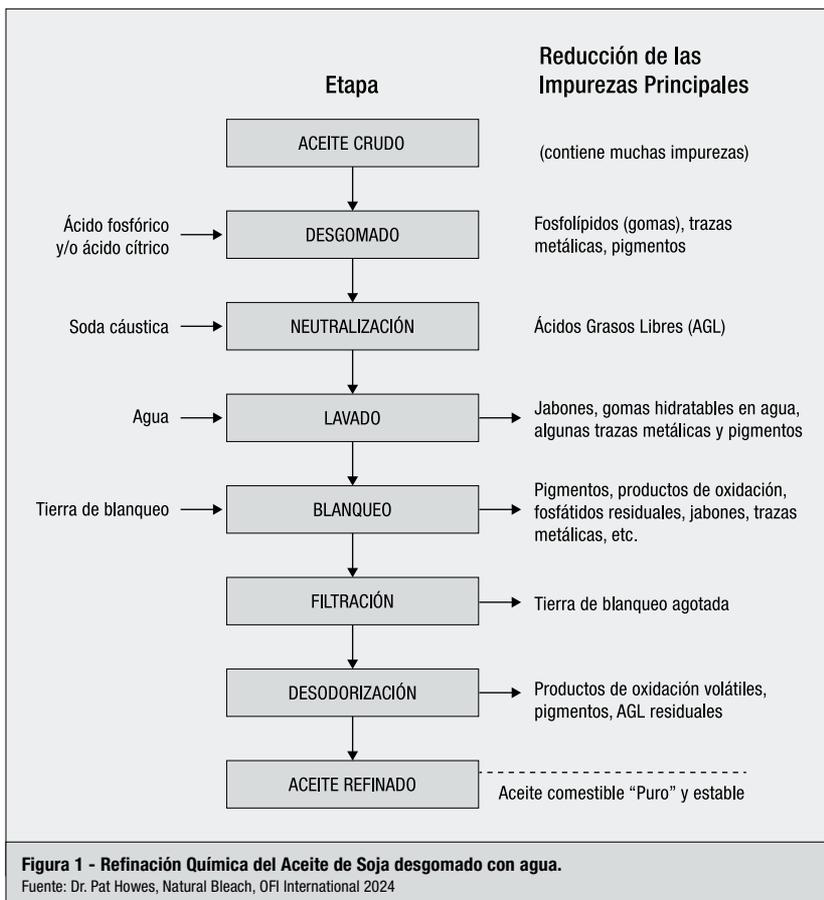
• **La función de las tierras de blanqueo**

Las tierras de blanqueo se utilizan para eliminar las impurezas tales como los pigmentos, los productos de oxidación primaria y secundaria, las gommas, los jabones y las trazas metálicas.

A lo largo de los años, varias sustancias fueron adicionadas a la lista de impurezas que se deben reducir o eliminar durante la refinación. Las mismas incluyen metales pesados; hidrocarburos poliaromáticos (PAH); dioxinas y materiales similares a la dioxina; bifenilos policlorinados (PCB); plaguicidas; 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPD); ésteres glicídicos (GEs); hidrocarburos saturados de aceite mineral (MOSH); hidrocarburos aromáticos de aceite mineral (MOAH), parafinas cloradas; y otras moléculas que contienen cloro, azufre y nitrógeno.

Por consiguiente, una tierra de blanqueo deberá ser un material absorbente que extraiga las impurezas del aceite bajo proceso, sin alterar, las propiedades beneficiosas o el valor nutricional del aceite.

El blanqueo reducirá por absorción o bien, extraerá los pigmentos tales como



los carotenoides, la clorofila y el gopoli; los productos de oxidación primaria como los peróxidos; los productos de oxidación secundaria tales como los aldehídos y las cetonas; los fosfolípidos; los jabones y las trazas metálicas.

Esto también mejorará el color, el sabor, el aroma y la estabilidad del aceite.

Con el amplio rango de impurezas que se deben extraer en la etapa de blanqueo durante el procesamiento de aceite comestible, cualquier absorbente que se utilice, se enfrenta a un desafío difícil.

Por lo tanto, las tierras de blanqueo con frecuencia son formuladas a partir de más de un absorbente. Algunos de los atributos generales relacionados con todas las tierras de blanqueo a tener en cuenta son los que se detallan a continuación:

- **El rendimiento del blanqueo o la extracción de las impurezas;** es la cantidad de tierra de blanqueo que se necesita para extraer las impurezas críticas.
- **Las propiedades de la filtración;** una vez que la impureza se extrae, conocer cuán fácil es extraer la tierra de blanqueo del aceite.
- **La retención de aceite;** desde una perspectiva de costos, conocer qué cantidad de aceite queda en la tierra de blanqueo agotada.
- **Densidad aparente;** si la tierra de blanqueo exhibe una densidad muy reducida será voluminosa y necesitará silos de mayor tamaño, y los filtros de hojas de presión se agotarán más rápidamente, con lo cual será necesario realizar cambios más frecuentes.
- **Resistencia al desgaste;** la durabilidad de la tierra de blanqueo para soportar el desgaste, en particular, cuán bien resiste su descomposición en partículas más reducidas durante el proceso de refinación, como cuando pasan a través de las bombas.

- **Contenido de humedad;** se necesita agua para mantener la estructura de la tierra de blanqueo, pero a los clientes no les gusta sentir que están pagando por el agua.

- **Las propiedades de las tierras de blanqueo**

Gran cantidad de propiedades de las tierras de blanqueo se encuentran relacionadas con el tamaño de partícula y la distribución del tamaño de esta, la naturaleza del absorbente y el grado de activación que posee. Por lo tanto, la composición y formulación de una tierra de blanqueo eficiente, toma en cuenta la optimización de dichos parámetros.

El tamaño de partícula afecta el rendimiento del blanqueo, el área superficial para la absorción, la densidad aparente, la frecuencia de las descargas de la tierra agotada, la penetración de finos en los filtros y la retención de aceite en la tierra agotada.

Si la tierra de blanqueo es muy fina exhibirá un área superficial geoméricamente grande, y esto es bueno para la absorción de las impurezas que bloquean la superficie tales como los jabones. No obstante, si es demasiado fina y sin partículas de mayor tamaño, posiblemente se vuelva difícil construir el lecho filtrante.

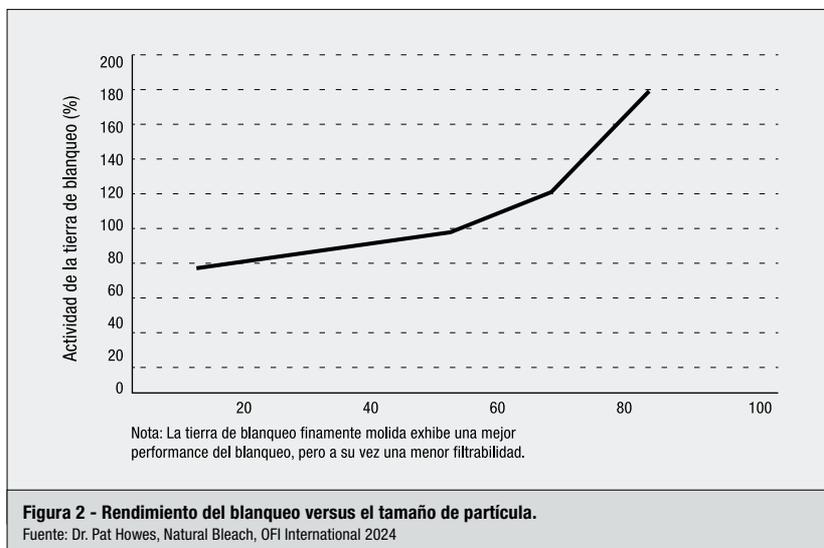
El molido fino resultará en una menor densidad aparente, y esto requerirá una descarga más frecuente de los filtros. Demasiada cantidad de material fino podría incorporarse en el flujo de aceite filtrado, taponar los filtros de pulido y además resultar en mayores pérdidas de retención de aceite.

La Figura 2 muestra el rendimiento del blanqueo versus el tamaño de partícula.

El rendimiento aumenta cuando el tamaño de la partícula es más fino, y esto tienta a los productores de tierras de blanqueos a avanzar sigilosamente hacia esa línea para ofrecer a los clientes la utilización de una menor dosis de tierra de blanqueo. Sin embargo, esto podría conducir a problemas y a una menor producción en la planta.

Las tierras de blanqueo también deberán ser lo suficientemente resistentes para que no se descompongan cuando son manipuladas en una refinería y cada tipo de tierra de blanqueo exhibe sus propias fortalezas.

Las tierras de blanqueo naturales exhiben estructuras más sólidas y son más duraderas. por su parte las tierras de blanqueo ácido activadas son menos duraderas, debido a que las láminas de sílice formadas durante la activación con ácido son frágiles.



Por lo tanto, dichas propiedades requieren estar equilibradas.

Con respecto al contenido de humedad, las tierras de blanqueo por lo general trabajan mejor con un nivel de contenido de humedad de entre 15 y 18 %. Con un nivel de humedad mayor, las propiedades del flujo de la tierra de blanqueo se ven adversamente afectadas, y resultan en la generación de apelmazamientos en las tuberías.

Es posible que los refinadores requieran un contenido de humedad menor por ejemplo por debajo del 8 %, y particularmente por debajo de 4 %, con lo cual el rendimiento de la tierra de blanqueo disminuirá por la insuficiente hidratación de los cationes intercapas, en particular las tierras de blanqueo de tipo bentonita.

Por lo general, un nivel de humedad de 8-12 % opera bien desde el punto de vista del rendimiento y hace que los refinadores sientan que no están comprando tierras con exceso de humedad por excesiva presencia de agua.

• **Materiales de blanqueo**

Existen numerosos materiales absorbentes que se pueden utilizar en la etapa de blanqueo.

- Tierras de blanqueo naturales
- Tierras de blanqueo con superficie modificada
- Tierras de blanqueo activadas con ácido
- Carbón activado
- Carbón activado con ácido

- Carbón activado mezclado con tierra de blanqueo

Tierras de blanqueo naturales

La atapulgita, la sepiolita y la bentonita son las tierras de blanqueo naturales más comunes (Figura 3).

Todas tienen estructuras y morfologías similares, y como son estructuras 2:1 exhiben dos capas de láminas tetraédricas en la parte externa y una lámina octaédrica en el medio (TOT). Las láminas están arregladas de manera diferente o con distinto espaciado en cada uno de los tres materiales.

La atapulgita y la sepiolita son muy similares. Ellas exhiben poros de tipo tubo que permiten que las impurezas ingresen desde cualquier extremo, como un haz de pajitas. Ambas son naturalmente fibrosas, y esto ayuda a la filtración, pero a su vez presentan una mayor tasa de retención de aceite.

La bentonita natural también tiene una estructura tetraédrica-octaédrica-tetraédrica (TOT), con cationes hidratados (conteniendo agua) para mantener las capas separadas (Figura 4).

La principal diferencia de la bentonita es que las impurezas pueden venir de los laterales, de adelante y de atrás, por lo tanto, tiene cuatro puntos de entrada en lugar de dos. Su morfología es similar a láminas o a un mazo de cartas.

La bentonita natural tiene, además una mayor capacidad de intercambio de cationes (CEC) en comparación con la atapulgita, la sepiolita y con la bentonita lixiviada con ácido, lo cual le permite retener e intercambiar los iones cargados positivamente (cationes). Su CEC más elevado significa que puede absorber más trazas metálicas contaminantes.

Una ventaja de todas las tierras de blanqueo naturales es que no generan efluentes en su fabricación, y las tierras de

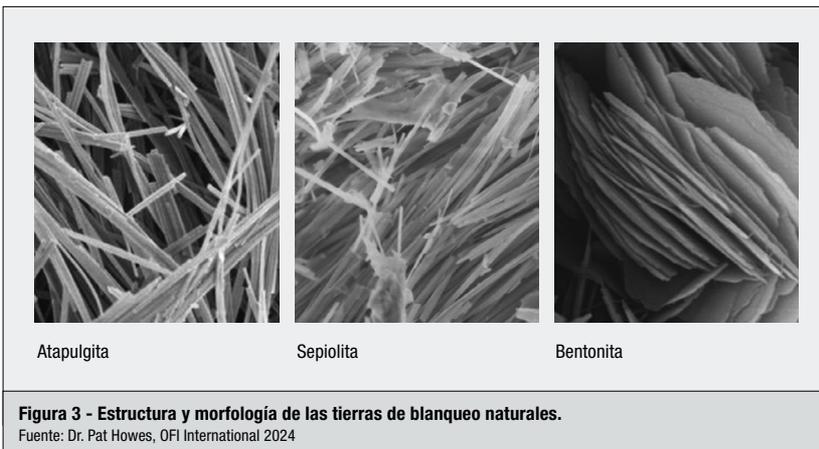


Figura 3 - Estructura y morfología de las tierras de blanqueo naturales.
Fuente: Dr. Pat Howes, OFI International 2024

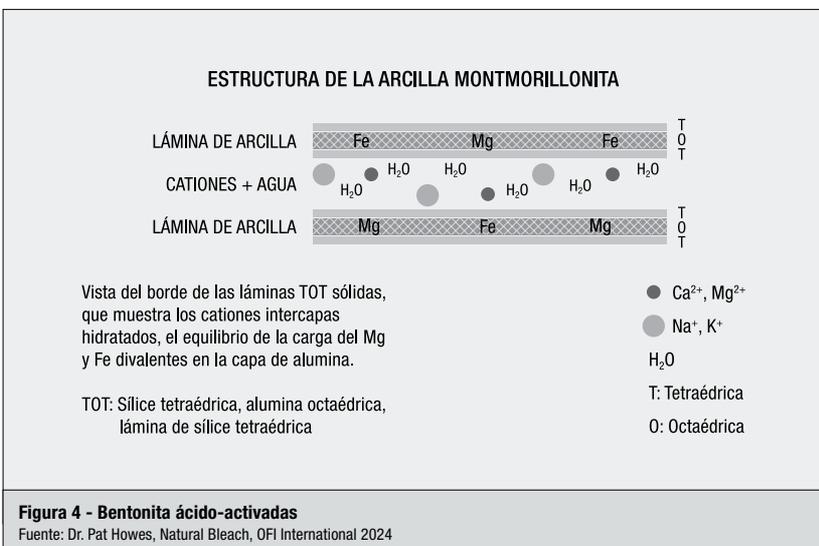


Figura 4 - Bentonita ácido-activadas
Fuente: Dr. Pat Howes, Natural Bleach, OFI International 2024

blanqueo naturales agotadas no promueven la autoignición.

Tierras de blanqueo modificadas superficialmente

Por lo general las tierras de blanqueo que son modificadas superficialmente, exhiben propiedades similares a las de las tierras de blanqueo naturales. Se basan típicamente en atapulgita, sepiolita o bentonita y se han vuelto muy populares porque no generan efluentes durante su producción.

Como no se lavan durante la producción, las tierras de blanqueo con superficie modificada pueden contener sales de ácido libre o de sulfato.

Estas tierras decolorantes se fabrican típicamente rociando la materia prima con ácidos, como el ácido sulfúrico. Luego, la arcilla se seca y se muele sin lavar.

El ácido sulfúrico libre presente puede dañar el equipo de proceso; por ejemplo, puede corroer el sistema de vacío del blanqueador.

El hierro liberado de la estructura de la arcilla de la tierra de blanqueo puede reaccionar con los ácidos grasos y reducir la estabilidad oxidativa del aceite.

El exceso de sulfato también puede reaccionar con el aceite refinado y esto resultará en un aceite con alto contenido de sulfato. La presencia de azufre en los aceites refinados es un problema creciente y algunos refinadores están alejándose de las arcillas ácido-activadas con ácido sulfúrico.

La función ácida de las arcillas con superficie modificada puede resultar en reacciones catalíticas no deseadas: la isomerización, protonación y polimerización del aceite. La actividad catalítica con ácido también puede promover la formación de 3-MCPD en la etapa de blanqueo.

Las tierras de blanqueo con superficie modificada que están agotadas también pueden promover la autoignición.

Como alternativa, las tierras de blanqueo con superficie modificada se podrían producir con determinados ácidos orgánicos que no tengan los efectos adversos de las arcillas tratadas con ácido sulfúrico.

Tierras de blanqueo lixiviadas con ácido

Estas son las tierras de blanqueo más comúnmente utilizadas en los últimos 100 años.

Su producción incluye un proceso de lavado y por consiguiente deberían contener menor cantidad de ácidos grasos libres y sulfatos que las tierras de blanqueo con superficie modificada, y resultan en pocos o ningún problema(s) con la corrosión en la planta de refinación, o con el contenido de azufre del aceite totalmente refinado. Sin embargo, el problema de la autoignición en la tierra de blanqueo agotada continúa estando presente.

En la activación ácida de la bentonita, que es un tipo de arcilla compuesta principalmente de montmorillonita, que contiene alúmina y sílice, la bentonita se trata con ácido mineral fuerte.

Hoy, se usa mayormente ácido sulfúrico ya que las tierras de blanqueo activadas con ácido clorhídrico contienen cloruros que podrían llevar a niveles elevados de 3-MCPD en el aceite bajo proceso.

El ácido le proporciona al intercambio de iones los cationes intercapas (sodio y calcio) y disuelve parte de la capa octaédrica de aluminio, magnesio y hierro, para crear nuevas superficies de sílice, denominadas láminas de sílice (Ver Figura 5).

El área superficial elevada de las láminas de sílice mejora la capacidad de las tierras de blanqueo para absorber las impurezas de color, los productos de oxidación, las gomas y otros contaminantes.

Después de la activación ácida se debe extraer el ácido sulfúrico residual no deseado, como también los sulfatos de aluminio, magnesio y hierro.

• Carbones activados

Los carbones activados pueden exhibir un amplio rango de tamaños de poros y propiedades superficiales y son capaces de eliminar numerosas impurezas como los pigmentos, aromas, dioxinas, bifenilos policlorinados, plaguicidas, PAH y metales pesados. Además, es importante destacar que eliminan los compuestos de cloro, cloruros y organoclorados, debido a que son los principales compuestos relacionados con la formación de los 3-MCPD.

Los carbones activados mejoran la claridad, el sabor y el aroma, y la estabilidad oxidativa de los aceites comestibles, mejorando su vida útil.

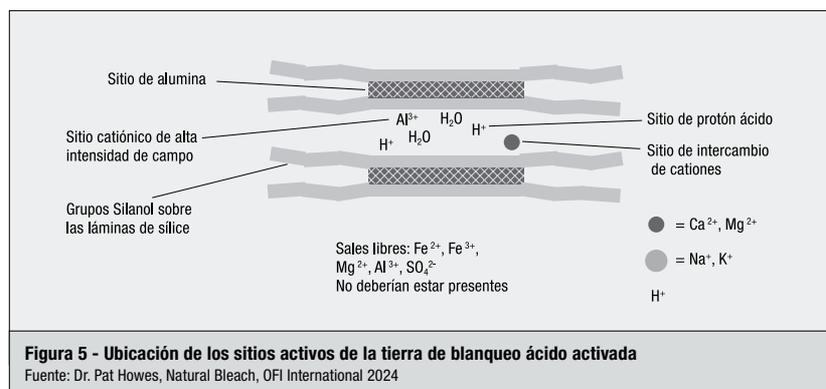


Figura 5 - Ubicación de los sitios activos de la tierra de blanqueo ácido activada
Fuente: Dr. Pat Howes, Natural Bleach, OFI International 2024

Los carbones activados se pueden activar con vapor, ácido o químicos y son un buen absorbente para utilizar en la etapa de blanqueo con la finalidad de mejorar la extracción de impurezas que no son extraídas por las tierras de blanqueo de manera efectiva.

Ellos pueden ser altamente activados para abrir una cantidad máxima de poros, pero la durabilidad del carbón activado se reduce con la creciente activación. Por consiguiente, el nivel de activación requiere equilibrar los requisitos de rendimiento y durabilidad.

Históricamente, los carbones activados de alto rendimiento no se han utilizado debido a su elevado costo, su elevada retención de aceite (alto costo del acei-

te perdido en el carbón activado agotado) y su baja resistencia al desgaste, que conduce a la generación de finos y a la penetración de finos en los filtros. Estos problemas son peores si se utilizan carbones activados de mayor rendimiento.

Los carbones activados se pueden producir a partir de una amplia gama de materiales que incluyen a los siguientes:

- **Carbón** - Antracita, material bituminoso, lignito
- **Madera** - Pino, acacia, eucaliptos
- **Cáscara** - Coco, palmiste, avellana

Los carbones activados pueden ser amorfos (sin una configuración o forma claramente definida) o semiestructura-

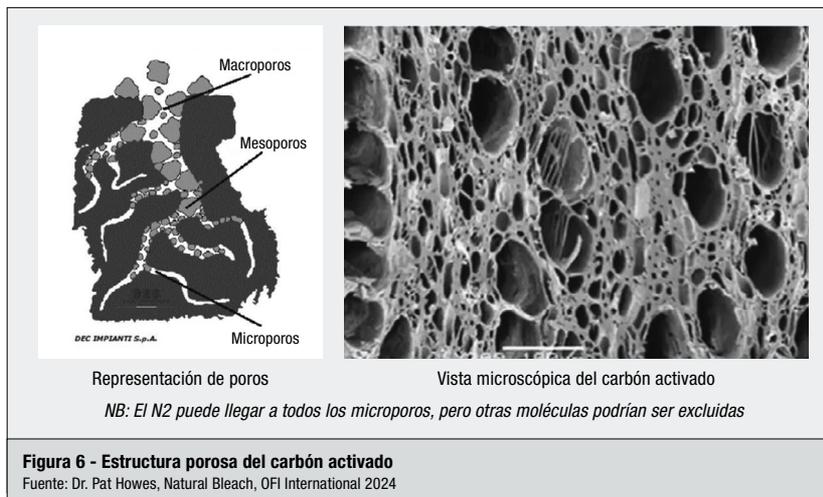
dos, y esto depende del material a partir del cual son producidos.

Es posible que tengan poros pequeños o micro, medianos o meso, y grandes o macro, o poros de los tres tamaños en un material individual (Figura 6).

El área superficial de los carbones activados puede ser mucho mayor que el de otros absorbentes.

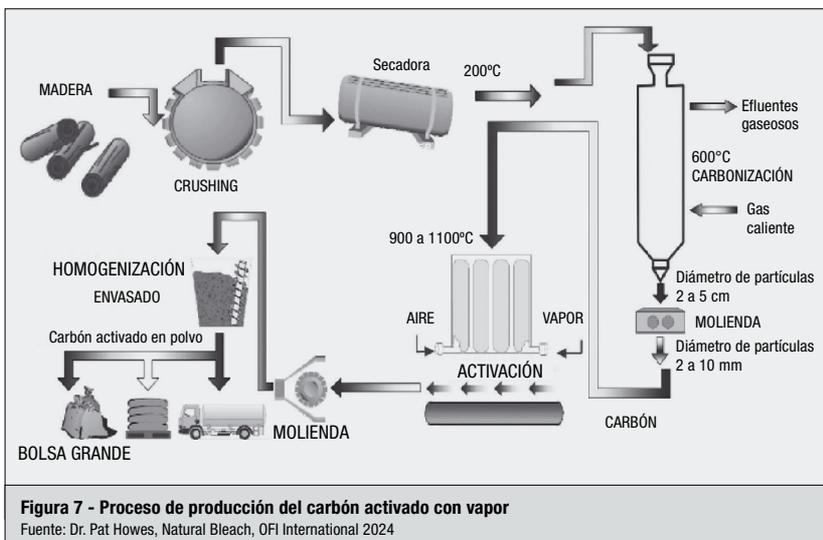
Cada carbón activado tendrá su propia selectividad y se pueden mezclar diversos carbones activados para proporcionar un rango más amplio de absorción.

Para producir carbón activado, se aplica calor en ausencia de oxígeno (pirólisis) sobre el material de base, que evita que el material se quemé (Figura 7).



El carbón producido se puede lavar y luego activar usando vapor, ácido o químicos. El nivel de activación debería ser un punto en donde aún queda suficiente fuerza mecánica para resistir a la descomposición en finos durante el proceso de blanqueo.

La distribución del tamaño de partícula se debería optimizar para el rendimiento y la filtrabilidad del carbón activado en polvo (PAC). Es posible extraer las partículas más grandes de PAC que son las menos activas, junto con las partículas más finas que podrían penetrar en los filtros.



La naturaleza distinta de las superficies en los carbones activados químicamente puede ser ventajosa para la absorción de determinadas impurezas.

Los carbones activados pueden ser ácidos o alcalinos.

Los carbones activados de tipo H son hidrofóbicos (repelen el agua) y tienden a absorber más iones de hidrógeno (H⁺) del agua, haciendo que la solución circundante se vuelva básica (más alcalina).

Es más probable que los carbones activados de tipo L absorban iones de

hidróxido (OH⁻), haciendo que la solución circundante se vuelva ácida.

Los carbones activados con vapor son alcalinos y se prefieren para numerosas aplicaciones ya que absorben las impurezas sin modificar el aceite que está siendo procesado. Los carbones ácido-activados también pueden reaccionar como catalizadores ácidos sólidos, proporcionando esencialmente una superficie ácida sobre la cual se pueden ocurrir reacciones catalizadas con ácido.

• Comparación

Teniendo en cuenta los distintos tipos de arcillas de blanqueo y los carbones activados y sus niveles y tipos de activación, se puede realizar una comparación de sus propiedades y costos (Figura 8). Las propiedades incluyen el área superficial BET N₂, el volumen del poro, el diámetro promedio del poro, y la retención y durabilidad del aceite.

La bentonita natural tiene el menor costo, seguida por la bentonita+10 % de carbón activado, la bentonita activada con ácidos y el carbón activado con el mayor costo.

• Seguridad alimentaria y ambiental

Los productores de tierras de blanqueo no solo deben desarrollar un producto que optimice el rendimiento operativo, sino que el propio producto también debe cumplir con los requisitos de seguridad alimentaria y ambiental.

Las tierras de blanqueo son consideradas como un ayudante de proceso para la producción de alimentos y deben satisfacer las regulaciones de seguridad alimentaria que incluyen:

- Las normas FEDIOL para tierras de blanqueo frescas
- Las Buenas Prácticas de Manufactura
- Las normas HACCP
- Las normas Halal

- Las leyes Kosher (y de Pé saj)
- La ISO 9001
- La ISO 14000
- La FSSC 22000

En términos de regulaciones ambientales, el impacto de una tierra de blanqueo relacionado con la extracción, el proceso y la disposición de materias primas también tiene que ser tomado en cuenta.

Esto incluye la generación de efluentes en la manufactura de tierras de blanqueo, y la disposición de la tierra de blanqueo agotada.

En términos de los efluentes, en la manufactura de las tierras de blanqueo naturales y en las tierras de blanqueo de superficie modificada no se generan efluentes. La manufactura de tierras de blanqueo activadas con ácido produce algunos efluentes, pero estos se pueden utilizar ventajosamente en la producción de fertilizantes, de químicos para tratamientos de agua y de cementos.

Respecto de la tierra de blanqueo agotada, aunque la disposición en vertederos es común, se utilizan diversas alternativas de disposición y métodos de reciclaje para minimizar el impacto ambiental y mejorar la sustentabilidad.

Las tierras de blanqueo agotadas (SBE, en inglés) se pueden utilizar como sales para lamer para el ganado o como plastificante para el asfalto. Algunos procesos también incorporan la SBE desgrasada en ladrillos, hormigón y otros materiales para la construcción.

Además, las tierras de blanqueo agotadas que contienen aceite residual se pueden utilizar como fuente de combustible en hornos de cemento, la fabricación de ladrillos, y otras industrias que requieren combustión de alta temperatura. El aceite residual también se puede extraer y usar en la producción de biodiesel.

La conversión de madera y cáscaras en carbón activado secuestra el carbono de manera que las tierras de blanqueo con carbón activado tienen una huella de carbono negativa.

• Conclusiones

Las tierras de blanqueo se pueden diseñar para satisfacer las necesidades actuales y futuras de los refinadores. La tendencia se focaliza en las tierras de blanqueo naturales y los carbones activados con vapor que extraen las impurezas indeseadas sin alterar las propiedades beneficiosas del aceite bajo proceso. También son las preferidas porque la tierra de blanqueo agotada no es propensa a la autoignición.

El diseño de las tierras de blanqueo por lo general incluye la formulación de diversos componentes, para satisfacer todos los requisitos de los refinadores, que es tanto una ciencia como un arte.

El **Dr. Patrick Howes** es director técnico y de comercialización de Natural Bleach Sdn Bhd., Malasia ■

	Bentonita natural	Bentonita + 10 % carbón activado	Carbón Ácido activado	Carbón activado
Área superficial BET N ₂	180 m ² /g (la más baja)	270 m ² /g (mediana)	280 m ² /g (más elevada)	1100 m ² /g (la mayor)
Volumen del poro	0,3 cm ³ /g (el más bajo)	0,38 cm ³ /g (el más elevado)	0,35 cm ³ /g (mediano)	1,1 cm ³ /g (el mayor)
Diámetro promedio del poro	3,5 nm (bajo)	8,2 nm (mediano)	3 nm (el más bajo)	50 nm (el mayor)
Retención de aceite	20 % (la más baja)	23 % (baja)	25 % (mediana)	50 % (elevada)
Durabilidad	La mayor	Mediana	Mediana	La menor
Costo	El más bajo	Bajo	El más elevado	El más elevado

Figura 8 - Comparación de tierras de blanqueo y carbón activado

APROXAR

Proyectos industriales
e Ingeniería
para el futuro



Procesos

Extracción | Refinación física y química | Hidrogenación
Interesterificación | Fraccionamiento | Producción de
Biodiesel | Elaboración de Bioetanol

+25
AÑOS DE
EXPERIENCIA



Civil y Arquitectura



Automatización y
Control Industrial



Ing. Mecánica
y tuberías



Ing. Eléctrica e
Instrumentación



Gestión de Calidad



Seguridad Industrial



Asistencia técnica
y Puesta en marcha



Estudio de
Factibilidad



www.aproxar.com
Phone/Fax: +54 353 461 2439

APROXAR S.A. - IRAM-ISO 9001:2015 Certified Company
Salta 606 - (X5901DCN) Villa María - Córdoba | ARGENTINA



ÍNDICE DE COLABORADORES

	Página
ACEITERA GENERAL DEHEZA S.A.	433
ALLIANCE INDUSTRIA MECANICA LTDA.	382
ALLOCCO	Insert
APROXAR	451
ASVEN	395
AXION ENERGY	394
BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO	323
BUHLER S.A.	371
CARLOS ALBERTO GARCIA S.A.	381
CEM PROVISIONES INDUSTRIALES	364
CHIAZA	349
CHIRCA	341
CÍA. AEROMECÁNICA ARGENTINA S.R.L.	375
CIRCUITOS Y SERVICIOS S.R.L.	322
CLARIANT	383
DAMIANICH & SONS	321
DE SMET S.A.I.C.	Ret. Tapa
DON GUMER S.A.	340
EDELFLX	Insert
ENDRESS + HAUSER	351
ERNESTO KUNZ S.R.L.	326
EXTECH-LINK INDÚSTRIA MECÂNICA	318
FABRIMAC S.A.	389
GREENLAB	337
INAGRO S.R.L.	Insert
INGENIERÍA BERNOULLI S.A.	306
INSTITUTO QUÍMICO ARGENTINO S.A.	419
KECLON	361

	Página
KRK LATINOAMERICANA S.A.	376
KRK LATINOAMERICANA S.A.	377
LOBERAZ S.A.	313
MEGA	365
MEYLE INGENIERIA Y SERVICIOS - KSB	307
MEYLE INGENIERIA Y SERVICIOS - TNL TECNAL	309
MIGNANI S.R.L.	329
MT-IDEAS S.A.	Contratapa
PLANT DESIGN / HYTECH	Ret. Contratapa
POWER CHAIN S.A.	332
PROGLOBAL	350
PROGLOBAL	Insert
PROMATI S.A.	333
PUERTO FEMOS	Insert
S.A. ING. CARLOS KUSSMAUL	370
SANTA FE ACEITES S.R.L.	305
SAVINI	336
SERGEN S.R.L.	Insert
SEW EURODRIVE ARGENTINA S.A.	315
SINAX S.A.	345
TECNON	327
TERMINAL 6	344
TIPCO	437
TRACSA	308
TUDELA	319
UVENTECH	313
VENTILAR S.A.	388

Colaboradores Corporativos de A&G Aceites y Grasas

Relaciones Públicas A&G · Public Relations A&G

Mónica Autino

Tel/fax: 54-341-4391761 · Cel: 54-341-156 422820

E-mail: mautino@asaga.org.ar

Referencias bibliográficas

• Grasas y aceites en alimentos de mascotas

1. National Research Council. Nutrient Requirements of Dogs. Revised 1974. Washington, DC . National Academy Press, 1974
2. AAFCO 2013 Association of American Feed Control officials Inc.
3. Rivers JP, Sinclair AJ, Crawford MA. Incapacidad del gato para desaturar ácidos grasos esenciales. *Nature* 1975; 258(5531):171-173.
4. Bauer JE. Base metabólica de la naturaleza esencial de los ácidos grasos y los requerimientos dietéticos específicos de los gatos. *JAVMA* 2006; 229(11):1729-1732.
5. Filburn CR, Griffin D. Respuesta plasmática y eritrocitaria canina a un suplemento enriquecido con ácido docosahexaenoico: Caracterización y posibles beneficios. *Vet Ther* 2005; 6(1):29-42.
6. Consejo Nacional de Investigación. Requerimientos nutricionales y concentraciones de nutrientes en la dieta. Requerimientos nutricionales de perros y gatos . Washington, D. C.: The National Academies Press, 2006, págs. 354-370
7. Control de oxidación en ingredientes para alimentos de mascotas. Libro de Oro de A&G. 15 Aniversario- Tomo IV.
8. Frankel, Edwin N. Lipid Oxidation, The Oily Press 2005.
9. Lianxin Geng, Kunlun Liu, Huiyan Zhang. Lipid oxidation in foods and its implications on proteins
10. Lin S., Hsieh F., Huff HE. Effects of lipids and processing conditions on lipid oxidation of extruded dry pet food during storage. Departments of Biological and Agricultural Engineering and Food Science and Human Nutrition, University of Missouri-Columbia, Columbia, MO 65211, USA
11. Geng L, Liu K, Zhang H. Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Front Nutr.* 2023 Jun 15;10:1192199. doi: 10.3389/fnut.2023.1192199. PMID: 37396138; PMCID: PMC10307983.
12. Frega N, Mozzona M, Lerckerb G. Effects of Free Fatty Acids on Oxidative Stability of Vegetable Oil. *JAACS*, Vol. 76, no. 3 (1999)
13. Kemin nutrisurance Europe #470139
14. Hidalgo-Ruiz JL., Romero-González R, Martínez Vidal JL, Garrido Frenich A. "A rapid method for the determination of mycotoxins in edible vegetable oils by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry". *Food Chemistry*. 2019
15. Qing Xia, Zhaolin Du, Dasong Lin, Lili Huo, Li Qin, Wei Wang, Liwen Qiang, Yanpo Yao, Yi An. Review on contaminants in edible oil and analytical technologies *Ciencia de los cultivos oleaginosos OIL Crop Science Volumen 6, Número 1 ,marzo de 2021, páginas 23-27*
16. Lamb, K E. "THE SURVIVAL OF VARIOUS

- PATHOGENIC ORGANISMS IN FATS AND OILS" (2017). Theses and Dissertations-- Animal and Food Sciences. 72.
17. Petfood Industry, 2019, 04 https://img.petfoodindustry.com/files/base/wattglobalmedia/all/document/2019/04/pfi.AFB_WP_1905_Fat_Impact.pdf
18. Geng L, Liu K, Zhang H. Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Front Nutr.* 2023 Jun 15;10:1192199. doi: 10.3389/fnut.2023.1192199. PMID: 37396138; PMCID: PMC10307983.
19. Effects of lipids and processing conditions on lipid oxidation of extruded dry pet food during storage I S. Lin, F. Hsieh), H.E. Huff Departments of Biological and Agricultural Engineering and Food Science and Human Nutrition, University of Missouri-Columbia, Columbia, MO 65211, USA
20. Kemin Nutrisurance Inc, CLS SD-15-00116

• El efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la composición de ácidos grasos y la capacidad de oxidación de las distintas clases y tipos de alimentos para canes

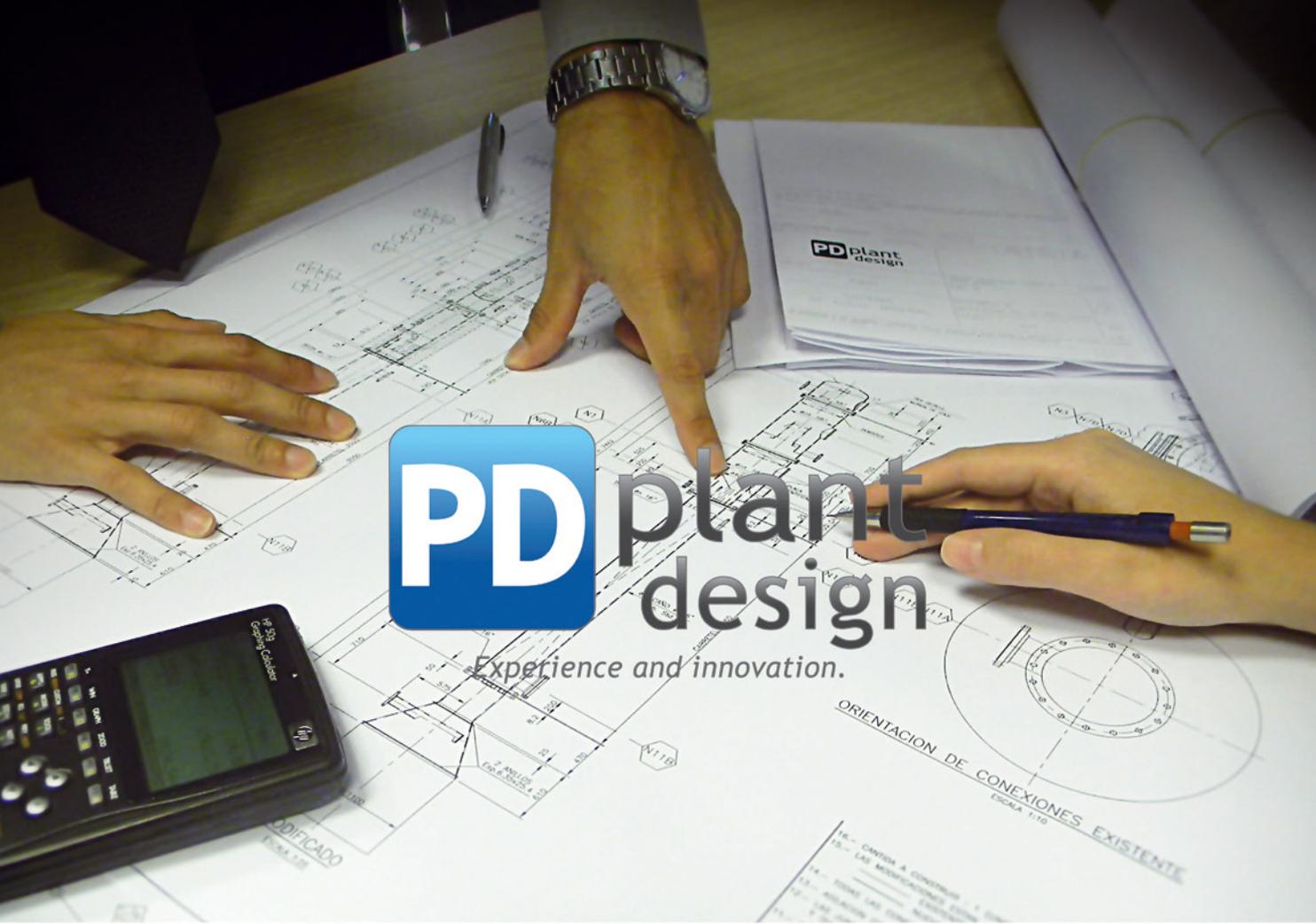
- Ahlstrom Q, Krogdahl A, While SG, Skrede A. 2004. Fatty acid composition in commercial dog foods. *J Nutr.* 134: 2145–2147.
- Antolovich M, Prenzler PD, Patsalides E, McDonald S, Robards K. 2002. Methods for testing antioxidant activity. *Analyst.* 127(1):183–198.
- AOAC 1990. Official methods of analysis 15th ed. Arlington (VA): Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Beynen AC. 2020. Omega-6:3 ratio in dog food. *Bonny Canteen.* 1:38–49.
- Botsoglou NA, Fletouris DJ, Papageorgiou GE, Vassilopoulos VN, Mantis AJ, Irakatellis AG. 1994. Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *J Agric Food Chem.* 42(9):1931–1937.
- Buff PR, Carter RA, Bauer JE, Kersey JH. 2014. Natural pet food: a review of natural diets and their impact on canine and feline physiology. *J Anim Sci.* 92(9):3781–3791.
- Case LP, Daristotle L, Hayek MG, Raasch MF. 2011. Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals. 3rd ed. USA: Mosby Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/book/9780323066198/canine-and-feline-nutrition>, <https://doi.org/10.1016/C2009-0-39175-8>
- Catala A. 2010. A synopsis of the process of lipid peroxidation since the discovery of the essential fatty acids. *Biochem Biophys Res Commun.* 399:318–823.

- Chanadang S, Koppel K, Aldrich G. 2016. The impact of rendered protein meal oxidation level on shelf-life, sensory characteristics, and acceptability in extruded pet food. *Animals.* 6(8):44.
- Tatum V, Chow CK. 2008. Chapter 19. Effects of processing and storage on fatty acids in edible oils. In: Chow CK. (editor), *Fatty acids in foods and their health implications.* 3rd ed. p. 493–510. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420006902>
- Corbin J. 1996. Petfood rancidity. *Petfood Industry.* 1-2:6.
- Domínguez R, Pateiro M, Gagaoua M, Barba FJ, Zhang W, Lorenzo JM. 2019. A Comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants.* 8(10): 429.
- FEDIAF. 2020. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. Bruxelles: The European Pet Food Industry Federation.
- Glodde F, Gunal M, Kinsel ME, Ghazaleh AA. 2018. Effects of natural antioxidants on the stability of omega-3 fatty acids in dog food. *Journal of Veterinary Research.* 62(1): 103–108.
- Heinze CR. 2016. Premium pet foods – are they worth the premium price? [Accessed 26 November 2018]. <http://vet-nutrition.tufts.edu/2016/10/should-you-buy-premium-pet-food/>
- Hillestad K. 2018. Shelf life of pet food. [Accessed 27 November 2018]. <https://www.petcotech.co/article/shelf-life-of-pet-food/>
- Holda K, Glogowski R. 2016. Selected quality properties of lipid fraction and oxidative stability of dry dog foods under typical storage conditions. *J Therm Anal Calorim.* 126:91–96.
- Jacobsen C. 1999. Sensory impact of lipid oxidation in complex food systems. *Fett/Lipid.* 101(12):484–492.
- Jones DR, Lewis LD. 2000. Combination container and dry pet food for increased shelf life, freshness, palatability, and nutritional value. United States Patent. Patent Number: 6,063,414.
- Kara K. 2020a. Determination of the in vitro digestibility and nutrient content of commercial premium extruded foods with different types of protein content for adult dogs. *Veterinari Medicina.* 65(No. 6):233–249.
- Kara K. 2020b. Milk urea nitrogen and milk fatty acid compositions in dairy cows with subacute ruminal acidosis. *Veterinari Medicina.* 65(No. 8):336–345.
- Koppel K. 2014. Sensory analysis of pet foods. *J Sci Food Agric.* 94(11):2148–2153.
- Marchi M, Righi F, Meneghesso M, Manfrin D, Ricci R. 2018. Prediction of chemical composition and peroxide value in unground pet foods by near-infrared spectroscopy. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 102(1):337–342.
- NRC. 2006. Nutrient requirements of dogs and cats. Washington (DC): The National Academies Press.
- Osawa CC, Gonçalves LAG, Ragazzi S. 2008.

- Evaluation of the quality of pet foods using fast techniques and official methods. *Ciênc Tecnol Aliment*. 28:223–230.
- Ricci R, Berlanda M, Tenti S, Bailoni L. 2009. Study of the chemical and nutritional characteristics of commercial dog foods used as elimination diet for the diagnosis of canine food allergy. *Ital J Anim Sci*. 8(Sup2):328–330.
 - Singh S, Gamlath S, Wakeling L. 2007. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *Int J Food Sci Tech*. 42(8): 916–929.
 - Stadtman ER, Levine RL. 2003. Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins. *Amino Acids*. 25(3-4):207–218.
 - Turek JJ, Watkins BA, Schoenlein IA, Allen KD, Hayek MG, Aldrich CG. 2003. Oxidized lipid depresses canine growth, immune function, and bone formation. *J Nutr Biochem*. 14(1):24–31.
 - Waldron MK, Hannah SS, Bauer JE. 2012. Plasma phospholipid fatty acid and ex vivo neutrophil responses are differently altered in dogs fed fish- and linseed-oil containing diets at the same n-6:n-3 fatty acid ratio. *Lipids*. 47(4):425–434.
 - Walters JM, Hackett TB, Ogilvie GK, Fettman MJ. 2010. Polyunsaturated fatty acid dietary supplementation induces lipid peroxidation in normal dogs. *Vet Med Int*. 2010: 619083.
 - Wang J, Wu W, Wang X, Wang M, Wu F. 2015. An affective GC method for the determination of the fatty acid composition in silkworm pupae oil using a two-step methylation process. *J Serb Chem Soc*. 80(1):9–20.
-
- **Lípidos estructurados: síntesis, ingeniería genética y aplicaciones**
 - Abed, S. M., A. H. Ali, A. Noman, A.-F. SobiaNiazi, and A. Bakry. 2016. "Structured Lipids: Enzymatic Synthesis, Health Benefits and Nutraceutical Characteristics—A Review." *International Journal of Research in Agriculture and Sciences* 3: 206–215.
 - Abed, S. M., W. Wei, A. H. Ali, et al. 2018. "Synthesis of Structured Lipids Enriched With Medium-Chain Fatty Acids via Solvent-Free Acidolysis of Microbial Oil Catalyzed by Rhizomucor miehei Lipase." *LWT—Food Science and Technology* 93: 306–315.
 - Ang, X., S.-Y. Quek, and H. Chen. 2019. "Structured Lipid Functionality and Application." In *Encyclopedia of Food Chemistry*, edited by L. Melton, F. Shahidi, and P. Varelis, 141–144. Academic Press.
 - Antikainen, N. M., and S. F. Martin. 2005. "Altering Protein Specificity: Techniques and Applications." *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 13, no. 8: 2701–2716.
 - Arnold, F. H. 1993. "Design by Directed Evolution." *Accounts of Chemical Research* 26, no. 3: 125–131.
 - Bandara, R. R., C. Louis-Gavet, J. Bryś, et al. 2024. "Enzymatic Interesterification of Coconut and Hemp Oil Mixtures to Obtain Modified Structured Lipids." *Food* 13: 2722.
 - Bates, P. D., and J. Browse. 2012. "The Significance of Different Diacylglycerol Synthesis Pathways on Plant Oil Composition and Bioengineering." *Frontiers in Plant Science* 3: 147.
 - Bispo, P., I. Batista, R. J. Bernardino, and N. M. Bandarra. 2014. "Preparation of Triacylglycerols Rich in Omega-3 Fatty Acids From Sardine Oil Using a Rhizomucor miehei Lipase: Focus in the EPA/DHA Ratio." *Applied Biochemistry and Biotechnology* 172: 1866–1881.
 - Bloomer, S., P. Adlercreutz, and B. Mattiasson. 1990. "Triglyceride Interesterification by Lipases. I. Cocoa Butter Equivalents From a Fraction of Palm Oil." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 67, no. 8: 519–524.
 - Bornscheuer, U. T. 2008. "Alteration of Lipase Properties by Protein Engineering Methods." *OCL* 15: 184–188.
 - Borrelli, G. M., and D. Trono. 2015. "Recombinant Lipases and Phospholipases and Their Use as Biocatalysts for Industrial Applications." *International Journal of Molecular Sciences* 16, no. 9: 20774–20804.
 - Broun, P., S. Gettner, and C. Somerville. 1999. "Genetic Engineering of Plant Lipids." *Annual Review of Nutrition* 19: 197–216.
 - Bursal, J., J. Shockey, C. Lu, et al. 2008. "Metabolic Engineering of Hydroxy Fatty Acid Production in Plants: RcDGAT2 Drives Dramatic Increases in Ricinoleate Levels in Seed Oil." *Plant Biotechnology Journal* 6, no. 8: 819–831.
 - Cardenas, F., M. De Castro, J. Sanchez-Montero, et al. 2001. "Novel Microbial Lipases: Catalytic Activity in Reactions in Organic Media." *Enzyme and Microbial Technology* 28, no. 2–3: 145–154.
 - Chen, G. Q., H. Van Erp, J. Martin-Moreno, et al. 2016. "Expression of Castor LPAT2 Enhances Ricinoleic Acid Content at the sn-2 Position of Triacylglycerols in Lesquerella Seed." *International Journal of Molecular Sciences* 17, no. 4: 507.
 - Claro da Silva, R., A. P. Badan Ribeiro, F. A. S. De Martini Soares, et al. 2013. "Microstructure and Thermal Profile of Structured Lipids Produced by Continuous Enzymatic Interesterification." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 90: 631–639.
 - Compton, D. L., J. A. Laszlo, M. Appell, K. E. Vermillion, and K. O. Evans. 2014. "Synthesis, Purification, and Acyl Migration Kinetics of 2-Monoricinoleoylglycerol." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 91: 271–279.
 - Compton, D. L., J. A. Laszlo, and K. O. Evans. 2013. "Influence of Solid Supports on Acyl Migration in 2-Monoacylglycerols: Purification of 2-MAG via Flash Chromatography." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 90: 1397–1403.
 - Connor, W. E. 2000. "Importance of n-3 Fatty Acids in Health and Disease." *American Journal of Clinical Nutrition* 71, no. 1: 171S–175S.
 - Costales-Rodríguez, R., V. Gibon, R. Verhé, and W. De Greyt. 2009. "Chemical and Enzymatic Interesterification of a Blend of Palm Stearin: Soybean Oil for Low Trans-Margarine Formulation." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 86, no. 7: 681–697.
 - Cozzentino, I. S. C., M. F. Rodrigues, V. T. Mazziero, M. O. Cerri, D. C. U. Cavallini, and A. V. de Paula. 2022. "Enzymatic Synthesis of Structured Lipids From Grape Seed (Vitis vinifera L.) Oil in Associated Packed Bed Reactors." *Biotechnology and Applied Biochemistry* 69, no. 1: 101–109.
 - Dehesh, K., A. Jones, D. S. Knutzon, and T. A. Voelker. 1996. "Production of High Levels of 8:0 and 10:0 Fatty Acids in Transgenic Canola by Overexpression of Ch FatB2, a Thioesterase cDNA From Cuphea hookeriana." *Plant Journal* 9, no. 2: 167–172.
 - del Mar Muñoz, M., A. Robles, L. Esteban, P. A. González, and E. Molina. 2009. "Synthesis of Structured Lipids by Two Enzymatic Steps: Ethanolysis of Fish Oils and Esterification of 2-Monoacylglycerols." *Process Biochemistry* 44, no. 7: 723–730.
 - Farfán, M., A. Álvarez, A. Gárate, and P. Bouchon. 2015. "Comparison of Chemical and Enzymatic Interesterification of Fully Hydrogenated Soybean Oil and Walnut Oil to Produce a Fat Base With Adequate Nutritional and Physical Characteristics." *Food Technology and Biotechnology* 53, no. 3: 361–366.
 - Fomuso, L. B., and C. C. Akoh. 1997. "Enzymatic Modification of Triolein: Incorporation of Caproic and Butyric Acids to Produce Reduced-Calorie Structured Lipids." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 74, no. 3: 269–272.
 - Heilig, M. L. 1994. "United States Patent Office: Stereoscopic-Television Apparatus for Individual Use." *SIGGRAPH Comput Graph* 28, no. 2: 131–134. <https://doi.org/10.1145/178951.178972>.
 - Ijaz, H., and H. Sun. 2025. "A Review on Preparation and Application of Low-Calorie Structured Lipids in Food System." *Food Science and Biotechnology* 34: 49–64.
 - Iwasaki, Y., and T. Yamane. 2000. "Enzymatic Synthesis of Structured Lipids." *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 10, no. 1–3: 129–140.
 - Jadhav, H., J. Waghmare, and U. Annappure. 2021. "Effect of Mono and Diglyceride of Medium Chain Fatty Acid on the Stability of Flavour Emulsion." *Food Research* 5: 214–220.
 - Jadhav, H. B., and U. Annappure. 2021. "Designer Lipids: Synthesis and Application—A Review." *Trends in Food Science and Technology* 116: 884–902.
 - Jaeger, K.-E., S. Ransac, B. W. Dijkstra, C. Colson, M. van Heuvel, and O. Misset. 1994. "Bacterial Lipases." *FEMS Microbiology Reviews* 15, no. 1: 29–63.
 - Jiang, C., L.-Z. Cheong, X. Zhang, et al. 2022. "Dietary Sphingomyelin Metabolism and Roles in Gut Health and Cognitive Development." *Advances in Nutrition* 13, no. 2: 474–491.
 - Kadirav, S., N. De Clercq, S. Danthine, and K. Dewettinck. 2016. "Crystallization and Polymorphic Behavior of Enzymatically Produced Sunflower Oil Based Cocoa Butter Equivalents." *European Journal of Lipid Science and Technology* 118: 1521–1538.

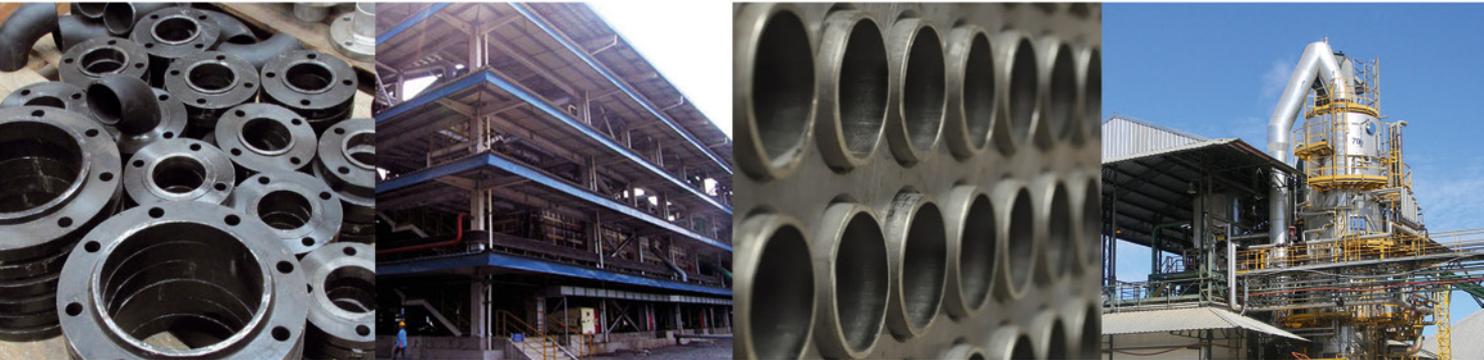
- Kalinger, R. S., D. Williams, A. A. Pirshahid, I. P. Pulsifer, and O. Rowland. 2021. "Production of C6–C14 Medium-Chain Fatty Acids in Seeds and Leaves via Overexpression of Single Hotdog-Fold Acyl-Lipid Thioesterases." *Lipids* 56: 327–344.
- Karra, S., A. Vionne, S. Mascrez, G. Purcaro, V. Gibon, and S. Danthine. 2025. "Interesterification of Fat Blends Containing High Oleic Oils: Physical Properties and Dialkyl-Ketones Formation Assessment." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 102: 753–763.
- Kavadia, M., M. Yadav, A. Odaneth, and A. Lali. 2018. "Synthesis of Designer Triglycerides by Enzymatic Acidolysis." *Biotechnology Reports* 18: e00246.
- Khodadadi, M., S. Aziz, R. St-Louis, and S. Kermasha. 2013. "Lipase-Catalyzed Synthesis and Characterization of Flaxseed Oil-Based Structured Lipids." *Journal of Functional Foods* 5, no. 1: 424–433.
- Kim, B. H., and C. C. Akoh. 2015. "Recent Research Trends on the Enzymatic Synthesis of Structured Lipids." *Journal of Food Science* 80, no. 8: C1713–C1724.
- Kim, J., M.-Y. Chung, H.-D. Choi, I.-W. Choi, and B. H. Kim. 2018. "Enzymatic Synthesis of Structured Monogalactosyldiacylglycerols Enriched in Pinolenic Acid." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66, no. 30: 8079–8085.
- Klemann, L., J. Finley, and G. Leveille. 1994. "Estimation of the Absorption Coefficient of Stearic Acid in Salatrim Fats." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42, no. 2: 484–488.
- Koh, S. P., N. Arifin, O. M. Lai, M. S. A. Yusoff, K. Long, and C. P. Tan. 2009. "Oxidative Stability of Palm- and Soybean-Based Medium- and Long-Chain Triacylglycerol (MLCT) Oil Blends." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89, no. 3: 455–462.
- Lai, O.-M., S.-K. Lo, and C. C. Akoh. 2012. "Enzymatic and Chemical Modification of Palm Oil, Palm Kernel Oil, and Its Fractions." In *Palm Oil*, edited by O.-M. Lai, C.-P. Tan, and C. C. Akoh, 527–543. Elsevier.
- Lee, K. T., and C. C. Akoh. 1998. "Structured Lipids: Synthesis and Applications." *Food Review International* 14, no. 1: 17–34.
- Liu, F., Y. Xia, L. Wu, et al. 2015. "Enhanced Seed Oil Content by Overexpressing Genes Related to Triacylglyceride Synthesis." *Gene* 557, no. 2: 163–171.
- Liu, J., P. Meng, G. Yang, et al. 2024. "Effects of Interesterification With Solid Base Catalyst on Physicochemical Properties of Lard and High-Oleic Sunflower Oil Blends." *LWT* 211: 116915.
- Liu, L., and D. Lampert. 1999. "Monitoring Chemical Interesterification." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 76, no. 7: 783–787.
- Marangoni, A. G., and D. Rousseau. 1995. "Engineering Triacylglycerols: The Role of Interesterification." *Trends in Food Science and Technology* 6, no. 10: 329–335.
- Martin, D., G. Reglero, and F. J. Señoráns. 2010. "Oxidative Stability of Structured Lipids." *European Food Research and Technology* 231: 635–653.
- Miller, D. A., J. M. Prausnitz, and H. W. Blanch. 1991. "Kinetics of Lipase-Catalyzed Interesterification of Triglycerides in Cyclohexane." *Enzyme and Microbial Technology* 13, no. 2: 98–103.
- Miquel, M., and J. Browse. 1995. "Plant Lipids: The Molecular Biology of Oil Seeds Modification." *Plant Physiology* 108: 399–409.
- Mohamed, M. A., and S. S. S. FoadGomaa. 2018. "Literature Review on Structured Lipids as a Healthy Alternate for the Classical Cooking Oils." *International Journal of Advanced Research* 6: 1093–1106.
- Moreira, D. K. T., R. L. de Pádua Gandra, J. C. Zuin, et al. 2020. "Synthesis and Characterization of Structured Lipid Rich in Behenic Acid by Enzymatic Interesterification." *Food and Bioproducts Processing* 122: 303–310.
- Nunes, P., P. Pires-Cabral, M. Guillén, F. Valero, D. Luna, and F. Ferreira-Dias. 2011. "Production of MLM-Type Structured Lipids Catalyzed by Immobilized Heterologous *Rhizopus Oryzae* Lipase." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 88: 473–480.
- Ogata, K., H. Nishikawa, and M. Ohsugi. 1969. "A Yeast Capable of Utilizing Methanol." *Agricultural and Biological Chemistry* 33, no. 10: 1519–1520.
- Panizza, P., S. Cesarini, P. Diaz, and S. R. Giordano. 2015. "Saturation Mutagenesis in Selected Amino Acids to Shift *Pseudomonas* sp. Acidic Lipase Lip 1.3 Substrate Specificity and Activity." *Chemical Communications* 51, no. 7: 1330–1333.
- Petrie, J. R., P. Shrestha, S. Belide, et al. 2014. "Metabolic Engineering *Camelina sativa* With Fish Oil-Like Levels of DHA." *PLoS One* 9, no. 1: e85061.
- Petrie, J. R., P. Shrestha, X.-R. Zhou, et al. 2012. "Metabolic Engineering Plant Seeds With Fish Oil-Like Levels of DHA." *PLoS One* 7, no. 11: e49165.
- Petrie, J. R., X.-R. Zhou, A. Leonforte, et al. 2020. "Development of a Brassica napus (Canola) Crop Containing Fish Oil-Like Levels of DHA in the Seed Oil." *Frontiers in Plant Science* 11: 727.
- Pleiss, J., M. Fischer, and R. D. Schmid. 1998. "Anatomy of Lipase Binding Sites: The Scissile Fatty Acid Binding Site." *Chemistry and Physics of Lipids* 93, no. 1–2: 67–80.
- Rajendran, A., A. Palanisamy, and V. Thangavelu. 2009. "Lipase Catalyzed Ester Synthesis for Food Processing Industries." *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52: 207–219.
- Ramos-Ramos, M. R., L. P. Cevallos Velastegui, V. A. García Londoño, T. R. Aguirre-Calvo, V. Borroni, and M. L. Herrera. 2025. "Beef Tallow/High Oleic Sunflower Oil Shortenings Produced by Chemical Interesterification Optimized by Response Surface Methodology (RSM): Effect of Processing Conditions on Physical Properties." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 102: 569–586.
- Reetz, M. T. 2002. "Lipases as Practical Biocatalysts." *Current Opinion in Chemical Biology* 6, no. 2: 145–150.
- Ren, M., L. Zhu, S. Liang, et al. 2025. "Improvement of Chemical Composition, Physical Properties and Crystallization Characteristics of Palm Stearin and Rice Bran Oil Blends by Enzymatic Interesterification: Potential Base Oils in Fast-Frozen Food." *LWT* 217: 117421.
- Rodrigues, R. C., and R. Fernandez-Lafuente. 2010. "Lipase From *Rhizomucor miehei* as an Industrial Biocatalyst in Chemical Process." *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 64, no. 1–2: 1–22.
- Ruiz-Lopez, N., R. P. Haslam, J. A. Napier, and O. Sayanova. 2014. "Successful High-Level Accumulation of Fish Oil Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids in a Transgenic Oilseed Crop." *Plant Journal* 77, no. 2: 198–208.
- Ruxton, C., P. Calder, S. C. Reed, and M. Simpson. 2005. "The Impact of Long-Chain n-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health." *Nutrition Research Reviews* 18, no. 1: 113–129.
- Senanayake, S. N., and F. Shahidi. 2005. "Modification of Fats and Oils via Chemical and Enzymatic Methods." In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, edited by F. Shahidi, 1–29.
- Shrestha, P., D. Hussain, R. J. Mulder, et al. 2018. "Increased DHA Production in Seed Oil Using a Selective Lysophosphatidic Acid Acyltransferase." *Frontiers in Plant Science* 9: 1234.
- Tafakori, V., I. Torktaz, M. Doostmohammadi, and G. Ahmadian. 2012. "Microbial Cell Surface Display; Its Medical and Environmental Applications." *Iranian Journal of Biotechnology* 10, no. 4: 231–239.
- Trivedi, R., and R. Singh. 2005. "Modification of Oils and Fats to Produce Structured Lipids." *Journal of Oleo Science* 54, no. 8: 423–430.
- Usher, S., L. Han, R. P. Haslam, et al. 2017. "Tailoring Seed Oil Composition in the Real World: Optimising Omega-3 Long Chain Polyunsaturated Fatty Acid Accumulation in Transgenic *Camelina sativa*." *Scientific Reports* 7, no. 1: 1–12.
- Utama, Q. D., A. B. Sitanggang, D. R. Adawiyah, and P. Hariyadi. 2019. "Lipase-Catalyzed Interesterification for the Synthesis of Medium- Long-Medium (MLM) Structured Lipids—A Review." *Food Technology and Biotechnology* 57, no. 3: 305–316.
- van Bloois, E., R. T. Winter, H. Kolmar, and M. W. Fraaije. 2011. "Decorating Microbes: Surface Display of Proteins on *Escherichia coli*." *Trends in Biotechnology* 29, no. 2: 79–86.
- Walsh, T. A., S. A. Bevan, D. J. Gachotte, et al. 2016. "Canola Engineered With a Microalgal Polyketide Synthase-Like System Produces Oil Enriched in Docosahexaenoic Acid." *Nature Biotechnology* 34, no. 8: 881–887.
- Wang, X., M. Li, T. Wang, Q. Jin, and X. Wang. 2014. "An Improved Method for the Synthesis of 2-Arachidonoylglycerol." *Process Biochemistry* 49, no. 9: 1415–1421.
- Wayne, L. L., D. J. Gachotte, P. R. Graupner, et al. 2021. "Plant and Algal Lysophosphatidic Acid Acyltransferases Increase Docosahexaenoic

- Acid Accumulation at the Sn-2 Position of Triacylglycerol in Transgenic Arabidopsis Seed Oil." *PLoS One* 16, no. 8: e0256625.
- Xie, W., and L. Hu. 2016. "Biguanide-Functionalized Mesoporous SBA-15 Silica as an Efficient Solid Catalyst for Interesterification of Vegetable Oils." *Food Chemistry* 197: 92–99.
 - Xu, J., Z. Zheng, and J. Zou. 2009. "A Membrane-Bound Glycerol-3-Phosphate Acyltransferase From *Thalassiosira pseudonana* Regulates Acyl Composition of Glycerolipids." *Botany* 87, no. 6: 544–551.
 - Yang, D., L. J. Gan, J. A. Shin, et al. 2013. "Antioxidative Activities of Ginkgo biloba Extract on Oil/Water Emulsion System Prepared From an Enzymatically Modified Lipid Containing Alpha-Linolenic Acid." *Journal of Food Science* 78, no. 1: C43–C49.
 - Zam, W. 2015. "Structured Lipids: Methods of Production, Commercial Products and Nutraceutical Characteristics." *Progress in Nutrition* 17, no. 3: 198–213.
 - Zam, W. 2020. "Structured Lipids: Synthesis, Health Effects, and Nutraceutical Applications." In *Lipids and Edible Oils*, edited by C. M. Galanakis, 289–327. Elsevier.
 - Zaugg, J., Y. Gumulya, E. M. Gillam, and M. Bodén. 2014. "Computational Tools for Directed Evolution: A Comparison of Prospective and Retrospective Strategies." *Methods in Molecular Biology* 1179: 315–333.
 - Zhang, T., A. Wu, M. Aslam, J. Song, Z. Ming Chi, and G. Liu. 2024. "Developing Rhodotorula as Microbial Cell Factories for the Production of Lipids and Carotenoids." *Green Carbon* 2, no. 4: 409–420.
 - Zhang, Z., W. J. Lee, and Y. Wang. 2021. "Evaluation of Enzymatic Interesterification in Structured Triacylglycerols Preparation: A Concise Review and Prospect." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 61, no. 19: 3145–3159.
 - Zheng, Y., L. Chen, Z. Zhu, D. Li, and P. Zhou. 2020. "Multigene Engineering of Medium-Chain Fatty Acid Biosynthesis in Transgenic *Arabidopsis thaliana* by a Cre/LoxP Multigene Expression System." *3 Biotech* 10: 340.
 - Zhou, J., Y.-Y. Lee, Y. Mao, Y. Wang, and Z. Zhang. 2022. "Future of Structured Lipids: Enzymatic Synthesis and Their New Applications in Food Systems." *Food* 11: 2400.
 - Zou, X., I. Khan, Y. Wang, et al. 2024. "Preparation of Medium- and Long-Chain Triacylglycerols Rich in n-3 Polyunsaturated Fatty Acids by Bio-Imprinted Lipase-Catalyzed Interesterification." *Food Chemistry* 455: 139907.



PD plant
design

Experience and innovation.



ENGINEERING AND EQUIPMENT FOR EDIBLE OIL INDUSTRY

EXPERTS IN PLANTS REVAMP
AND MAXIMUM ENERGY INTEGRATION

Plant Design S.A.
Suipacha 1111, Floor 10° // (C1008AAW) Buenos Aires - Argentina
Phone: (+5411) 4314-0134 plantdesign@plantdesign-eng.com
www.plantdesign-eng.com
www.hytech.com.ar

PD plant
design **HY**
tech



Distribuidores exclusivos



TECHNOIOLOGY

La Alianza Estratégica para el Proceso Completo de Producción

- Extracción
- Refinación
- Fraccionamiento
- Blanqueo y filtrado
- Oleoquímicos
- Biodiesel
- Plantas especiales

Integramos Conocimiento

www.mtideas.com

 mtideas  MT IDEAS

+ 54 11 4431-1801 | info@mtideas.com