

PROCEEDINGS



WORLD CONGRESS ON OILS & FATS AND ISF LECTURESHIP SERIES

**19th Latin American
Congress on Fats,
Oils and Lipids**

Rosario, Argentina - Salón Metropolitano
15 al 19 de Septiembre de 2025

Organizado por:



***Conocimiento y colaboración para
abordar las urgencias del planeta***

Conocimiento y colaboración para abordar las urgencias del planeta



METROPOLITANO

CENTRO DE EVENTOS & CONVENCIONES ROSARIO



BIENVENIDOS A ROSARIO

Rosario, Argentina - Salón Metropolitano
18 al 19 de Septiembre de 2025

www.asagaworldcongress2025.com

Conocimiento y colaboración para
abordar las urgencias del planeta

19th Latin American
Congress on Fats,
Oils and Lipids



PATROCINIOS

DIAMANTE

kecion

ORO

Allocco

CIATI

desmet

GREENLAB

ISI

SIEMENS

PLATA

AGD

BÜHLER

Cargill

BUNGE

COFCO INTL

Endress+Hauser

LDC

DSP

EVONIK

Fabrimac

**Instituto Químico
Argentina S.A.**

MOLINO agro

**PD plant
design**

Sergen

T6

TECHNICAL

AGREST

**Proceedings of the World Congress on Oils & Fats
and 2025 ISF Lectureship Series**

19.º Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites —
Libro de resúmenes

Compiladores

Vanesa Y. Ixtaina, Virginia Gentili y Eduardo Dubinsky

Editor responsable

Asociación Argentina de Grasas y Aceites (ASAGA)
Tucumán 2501
(S2000JVG) Rosario, Santa Fe - Argentina
Tel.: +54 341 439-1761 / 437-3845
asaga@asaga.org.ar
www.asaga.org.ar

Organizado por

ASAGA e International Society for Fat Research (ISF)

1.ª edición: Rosario, septiembre de 2026

Libro digital, PDF

Distribución gratuita. Prohibida su venta.

ISBN en trámite

© 2026, Asociación Argentina de Grasas y Aceites (ASAGA)

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723.

El contenido de los resúmenes es responsabilidad exclusiva de
sus autores.

No se permite la reproducción total o parcial de esta obra con
fines comerciales sin autorización previa y por escrito del editor.

**PROCEEDINGS OF THE
WORLD CONGRESS ON OILS & FATS
AND 2025 ISF LECTURESHIP SERIES**

19° CONGRESO LATINOAMERICANO DE GRASAS Y ACEITES



Organizado por **ASAGA** e **ISF**

2025

Hace ya 50 años.
Y lo que se puede esperar es dentro de 50 años.
Y ves que si no hacemos nada, nos vamos.

Global warming is caused by human activity and that is a **FACT**:

- Planet emits and absorbs around 100 Bio MT of carbon a year through its natural balanced cycle which equals **350 Bio MT** of CO₂
 - Total global CO₂ emission by human activity is around **40 Bio MT** (2024/25) vs 15 Bio MT in 1975
Main contributors: China (13,3), US (4,7), EU27 (3,2), India (3,1) → LAM (1,9 Bio T)
 - Global warming is caused by the increasing **imbalance** between what is emitted and what is absorbed → disrupted through CO₂ & CH₄ release from human activity
- | | | | | |
|--------------------------------|------------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|
| CO ₂ concentration: | <1900: 280 ppm | 1975: 330 ppm | → 2025: 430 ppm | → 2075: ~550-650 ppm |
| CH ₄ concentration: | <1900: 880 ppb | 1975: 1480 ppb | → 2025: 1930 ppb | → 2075: ~2200-2500 ppb |
| temperature rise: | <1900: reference | 1975: 0.3°C | → 2025: 1.5°C | → 2075: ~4°C ↔ max. 2°C ! |



PRÓLOGO

Es un gran honor presentar este libro de resúmenes del World Congress on Oils & Fats and ISF Lectureship Series 2025 y del 19° Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites, realizado del 15 al 19 de septiembre de 2025 en el Salón Metropolitano de Rosario, Argentina. Este evento reunió a investigadores, profesionales, representantes de la industria, organismos científicos y empresas de distintos países en un espacio de intercambio orientado a la ciencia, la innovación y la cooperación internacional en el campo de las grasas y aceites.

Durante cinco jornadas se desarrolló un amplio programa académico y técnico que incluyó cursos, conferencias plenarias, sesiones científicas, sesiones especiales, visitas a plantas industriales y una destacada feria comercial que promovió el intercambio entre la comunidad científica, tecnológica e industrial. La magnitud de la convocatoria y la diversidad de enfoques abordados reflejaron el dinamismo y la relevancia estratégica que hoy posee el sector oleaginoso frente a desafíos globales vinculados con la alimentación, la sostenibilidad, la transición energética y la bioeconomía.

La convocatoria abierta a trabajos científicos constituyó uno de los pilares centrales del Congreso. Las contribuciones reunidas en este libro evidencian la calidad y el compromiso de la comunidad científica internacional, así como la creciente articulación entre academia, industria y organismos tecnológicos. Los trabajos abarcan una amplia variedad de temáticas, entre ellas: obtención y caracterización de aceites y grasas, tecnologías de procesamiento y refinación, estabilidad oxidativa, antioxidantes, biocombustibles, sustentabilidad y economía circular, control de calidad, aplicaciones alimentarias, sistemas estructurados y emulsiones, microencapsulación, valorización de coproductos y desarrollo de nuevos ingredientes funcionales.

Asimismo, el Congreso permitió fortalecer vínculos entre grupos de investigación, asociaciones científicas e instituciones de distintos países, consolidando redes de cooperación internacional fundamentales para impulsar desarrollos tecnológicos y generar respuestas integrales a los desafíos actuales del sector.

El Congreso fue organizado por ASAGA junto con la International Society for Fat Research (ISF), constituyendo un espacio de encuentro científico y tecnológico de alcance internacional para la comunidad vinculada al estudio, procesamiento y aplicación de grasas y aceites.

La realización de este Congreso y de la presente publicación fue posible gracias al compromiso de los integrantes del Comité Científico, coordinadores de sesión, evaluadores, autores, instituciones y empresas participantes, cuyo aporte contribuyó al éxito y la calidad científica de esta edición.

Esperamos que este libro de resúmenes represente no solo un registro de los avances científicos y tecnológicos presentados durante el evento, sino también una fuente de inspiración para futuras investigaciones, colaboraciones y desarrollos en el ámbito de las grasas y aceites.

Dra. Vanesa Y. Ixtaina

Presidenta del Comité Científico

*World Congress on Oils & Fats and ISF Lectureship Series 2025
19° Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites*





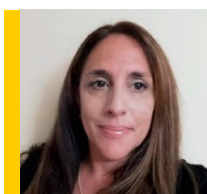


COMITÉ CIENTÍFICO



Dra. Vanesa Ixtaina
Presidenta del Comité Científico

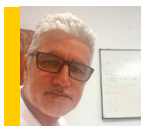
Investigadora independiente del CONICET - CIDCA - UNLP - CICBA. Profesora de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Líder del Grupo de Investigación y Desarrollo en Oleaginosas, Grasas y Aceites (GIDOGA)



Ing. Virginia Gentili
Coordinadora

Consultora externa en Sistemas de Gestión de Calidad e Inocuidad - Auditora líder FSSC 22000 (IQNET)
Vicepresidenta de ASAGA. Docente en UCA

MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO



Ing. Adrián Gómez

Ingeniero Químico Industrial graduado en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Gerente de SMART AGRO S.R.L. certificación de calidad de granos, oleaginosas y sus derivados - Ex Presidente de ASAGA.



Dr. Alejandro Marangoni

Profesor y titular de la Cátedra de Investigación de Nivel I de Canadá sobre Alimentación, Salud y Envejecimiento en la Universidad de Guelph. Editor jefe de Current Opinion y Current Research in Food Science. Miembro de la Royal Society of Canada en 2018 y Oficial de la Orden de Canadá en 2021.



Ing. Aníbal Demarco

Consultor Técnico Global de Crushing para Desmet Estrategias y diseño de grandes plantas de Extracción de Solvente. Ex Presidente de ASAGA.



Dr. Ariel Buedo

Gerencia de Investigación y Desarrollo de Molinos Río de la Plata S.A. - Designado por Argentina en el Grupo de Expertos Químicos del Consejo Oleícola Internacional (COI) - Miembro de la Federación Olivícola Argentina FOA) y de la American Oil Chemists ´ Society (AOCS)



Ing. Carlos Molina

Consultor Internacional para industrias de grasas y aceites - Ex miembro del Board de AOCS (American Oils Chemist Society - Ex Presidente de LAOCS y de CORCHIGA



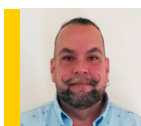
Dr. Constantín Bertoli

Científico y Tecnólogo en Lípidos, ex Experto Senior en I+D de Lípidos del Grupo Nestlé, consultor en aprovisionamiento, fabricación y uso de lípidos en alimentos.



Ing. Eduardo Dubinsky

Consultor Técnico en Grasas y Aceites comestibles - Fundador y primer Presidente de ASAGA - Ex Presidente de la Sección Latinoamericana de la AOCS - Consejo Editorial de la Revista A&G - Docente UTN. President of ISF Período 2023-2025



Ing. Gabriel Alonso

Responsable de procesos del área de Biocombustibles y Responsable técnico comercial para el Mercosur de la tecnología de nano neutralización, soporte técnico de ventas para las tecnologías de refinación, modificación de aceites y grasas y biocombustibles en DESMET.



Dr. Guillermo Napolitano

Lic. en Biología, facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. MSc y PhD en bioquímica de lípidos en la Universidad de Dalhousie, Halifax, Canadá. Autor de numerosas patentes y publicaciones en área de lípidos de diversos orígenes biológicos y en tecnología de grasas y aceites. Se desempeñó como Senior Expert in Lípidos en varios centros de I+D de Nestlé S.A. en Estados Unidos y Alemania. Actualmente es titular de GEN Consulting, LLC, especializado en el uso de grasas y aceites vegetales en productos alimenticios, con sede en Columbus, Ohio.

**Dra. Jane Block**

Presidenta de la Sociedad Brasileña de Aceites y Grasas (SBOG) - Docente en la Universidad Federal de Santa Catarina. Coordina el grupo de investigación Lípidos Bioactivos (LIBIO) Consultora científica del Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI-Brasil). Editora Asociada de la Revista Brasileña de Tecnología de Alimentos (ITAL) y Editora para América Latina de la Revista Calidad y Seguridad de los Alimentos (Oxford). Consejo editorial de la revista Food Reviews International (Taylor Francis).

**Lucas Cypriano**

Coordinador Técnico de la Asociación Brasileira de Reciclaje Animal (ABRA) - Director Técnico por Brasil de la World Renderers Organization (WRO)

**Dra. María Cristina Añon**

Doctora en Ciencias Bioquímicas y Profesora Emérita de Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

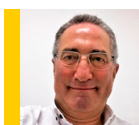
Investigadora Superior Emérita del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) Académica Titular de la Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica, Miembro de la Academia Nacional de Ciencias, Doctora Honoris Causa de la Universidad Nacional de Córdoba. Trabaja en el CIDCA: Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos como responsable del Laboratorio de Investigación y Desarrollo e Innovación de Proteínas.

**Dra. Maria Elena Carrin**

Miembro del grupo de Ingeniería de Alimentos de PLAPIQUI (UNS-CONICET) Investigadora Principal en el área de Procesamiento y Calidad de grasas y aceites vegetales. Profesora Asociada del Departamento de Ingeniería Química de la UNS

**Dra. María Victoria Ruiz**

Especializada en la investigación de grasas y aceites - Instituto de la Grasa de Sevilla (IG-CSIC) Responsable de las Plantas Piloto y líder del grupo de investigación "Modificaciones de los Lípidos en los Alimentos", del Instituto de la Grasa de Sevilla

**Lic. Ricardo Pollak**

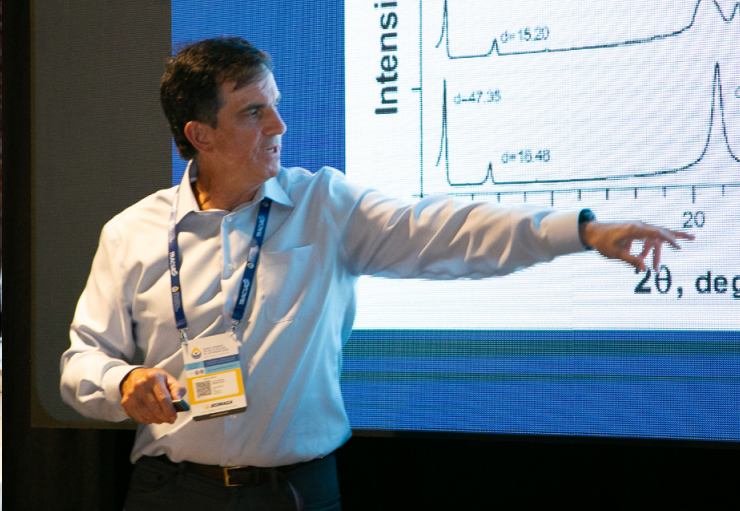
Consultor Técnico - Ex Presidente de ASAGA - Consejo Editorial de la Revista A&G - Docente de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y la Universidad de Parma, Italia, Universidad Tecnológica Nacional (UTN), y en el Instituto Argentino de Normalización (IRAM).

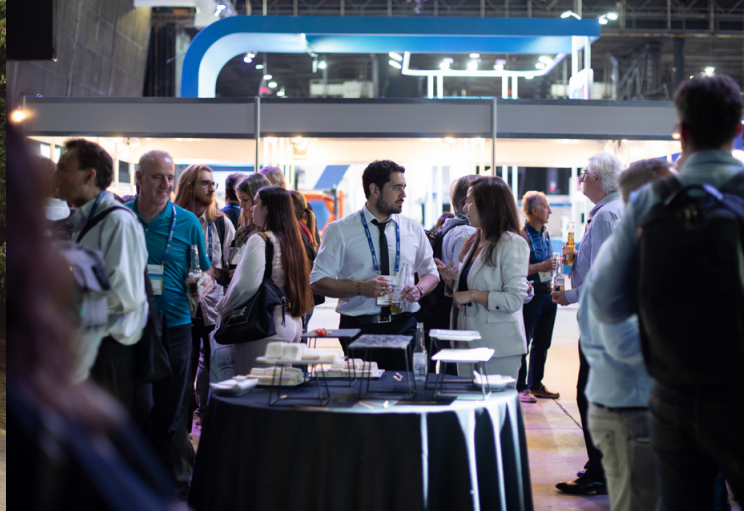
**Dra. Silvana Martini**

Fue Presidenta, Vicepresidenta y actualmente es miembro de la American Oil Chemists' Society y Editora en jefe de la Revista de dicha institución (JAOCS). Es jefa del Departamento de Tecnología de Alimentos en la Universidad de Lincoln, Nebraska, USA.

**PhD. Wim de Grey**

Doctorado en Ciencias Biológicas Aplicadas de la Universidad de Gante, Bélgica. Es Director de I+D en Desmet, Bélgica





ÍNDICE

COMUNICACIONES ORALES

ACEITE DE OLIVA

Efecto del agregado de coadyuvantes en el contenido de antioxidantes del aceite de oliva	20
Producción sostenible de aceite de oliva virgen mediante procesos de economía circular	22

APLICACIONES EN ALIMENTOS

Aprovechamiento integral de semillas de chía para elaboración de microcápsulas / micropartículas como potencial ingrediente funcional	24
Managing the risks of fats and oils used in food	26
Sonocrystalización de grasas comestibles: del laboratorio a aplicaciones prácticas	27
Uso de oleogeles de aceite de girasol de alto oleico en la elaboración de panificados.	29

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

Monitoreo multiparamétrico de la degradación de aceite de girasol de fritura	31
--	----

BIOCOMBUSTIBLES

Properties and phase equilibria in the design of catalytic hydrotreatment reactors for green aviation fuel	33
--	----

CRUSHING

Oilseed crushing : are there viable alternatives for hexane?	35
--	----

OXIDACIÓN

Estrategias de estabilización y vehiculización de compuestos bioactivos de la chía (<i>Salvia Hispánica</i> L.)	36
--	----

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

Avances tecnológicos en oleogeles: el uso de ultrasonido y condiciones de procesamiento.	37
Caracterización fisicoquímica y termomecánica de oleogeles estructurados con mezclas de ceras naturales: relación entre nanoestructura y propiedades viscoelásticas	38
Estructuración de aceites saludables con aislado proteico de soja y kappa-carragenato para el desarrollo de emulgeles por moldeo e impresión 3D	40
Stability and texture of wax-based oleogel-emulsions: influence of emulsifier type and water content.	41

REFINACIÓN

Destilación a alto vacío para la eliminación de hidrocarburos de tipo mineral en aceites: evaluación técnica y consideraciones regulatorias	43
Edible oil quality: it is (not) all about contaminants mitigation and valuable minor components	45
Increasing oil yield with enzymatic degumming and refining	46

SUSTENTABILIDAD

Cogeneración en la industria aceitera: eficiencia, confiabilidad y sustentabilidad	47
--	----

PÓSTERS

ACEITES ESPECIALES

Análisis comparativo de aceites extraídos del fruto de butiá (<i>Butiá Odorata</i>): contenido lipídico y composición en ácidos grasos.	50
Aprovechamiento de la semilla de zapallo para la obtención de aceite y compuestos fenólicos.	52
Aprovechamiento de las semillas del fruto de aguaymanto (<i>Physalis Peruviana</i> L.) como materia prima para la obtención de aceite vegetal.	54
Chemical evaluation and valorization potential of lipids from black soldier fly (<i>Hermetia Illucens</i>) larvae reared on olive pomace and brewer's spent grain	55
Comparación fisicoquímica, nutricional y tecnológica del aceite de semilla de albahaca (<i>Ocimum Basilicum</i> L.) y chía (<i>Salvia Hispánica</i>)	57
Efecto de la temperatura en la cinética de extracción etanólica de aceite de semillas de limón	59
Efecto del hervido previo del fruto sobre la calidad oxidativa e hidrolítica del aceite obtenido de la almendra del coco del butiá (<i>Butiá Odorata</i>)	61
Evaluación experimental y modelado de la cinética de extracción de aceite de semillas de limón empleando etanol	63
Extracción y caracterización de aceite vegetal de semillas de naranja	65
Microencapsulación de aceite de chía empleando combinación de biopolímeros como material de pared.	67
Obtención sustentable de aceite de pescado de río a partir de subproductos de la industria pesquera del litoral argentino.	69
Recovery of lipids from brazil nut press cake using β -caryophyllene-based eutectic solvents associated with ethanol as a sustainable alternative.	71

APLICACIONES EN ALIMENTOS

Caracterización físico-química y techno- funcional de harina de mezquite y su aplicación en productos extruidos con harina de maní.	73
Cascarilla de soja: un subproducto con potencial como fuente de antioxidantes naturales utilizado en la elaboración de scones.	75
Desarrollo de emulsiones gelificadas de aceite de chía utilizando alginato y mucílago de chía como estabilizantes naturales	77
Digestión in vitro de liposomas preparados con lecitinas naturales y ácidos grasos omega-3	79
Emulsiones de aceite en agua (o/w) estabilizadas por nanocritales de celulosa de origen vegetal y bacteriana	82
Evaluación de propiedades fisicoquímicas y estructurales de ceras naturales y sus mezclas binarias para su aplicación en lípidos nanoestructurados.	84
Modificaciones en el perfil de lipólisis y de compuestos volátiles en quesos de leche de búfala, de vaca y mezclas	86
Novel plant-based cheese alternatives using monoglyceride oleogels	88
Quesos procesados con adición de ácidos grasos omega-3 en liposomas. análisis fisicoquímico, sensorial y de compuestos volátiles	90

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

Análisis de formulaciones farmacéuticas lipídicas por cromatografía líquida con detección de aerosol cargado	92
Análisis estructural, térmico y reológico de mezclas binarias de cera de girasol con cera de candelilla y cera de carnauba	94
Clasificación supervisada de semillas oleaginosas de chía (<i>Salvia Hispanica</i> L.) mediante FT-IR: un enfoque rápido y eficiente para la detección de viabilidad y diferenciación genotípica	96
Comparación de métodos de estimación de incertidumbre para la determinación del perfil de ácidos grasos en muestras lácteas	98
Desarrollo de estrategias analíticas mediadas por IA para la caracterización, control de calidad y autenticación en la cadena de valor agroindustrial de grasas y aceites.	101
Estudio comparativo de métodos cromatográficos para la determinación del perfil de ácidos grasos en un material de referencia	103
Evaluación del rendimiento granos y la concentración de aceite en cultivares de lino (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) para la optimización de la producción de aceites vegetales	106
Evolución del contenido de aceite de soja en la región núcleo de argentina	108
Geographical distribution of soybean quality in argentina	110
Relación entre la concentración de aceite en colza y la temperatura y duración del llenado	113

ASPECTOS NUTRICIONALES

Ácido eicosapentaenoico y sumatoria de ácidos grasos de la familia n-3 en membrana eritrocitaria como biomarcador de ingesta de ácido α -linolénico	115
Ácidos grasos eritrocitarios como potenciales biomarcadores periféricos del metabolismo de ácidos grasos hepáticos	117
Efectos nutrigenómicos de lípidos funcionales en la reversión de esteatosis hepática en un modelo experimental.	119
Evaluación del contenido de aceite en cultivares de colza (<i>Brassica Napus</i> L.) en cuatro regiones agroecológicas de argentina	121
Lino oleaginoso (<i>Linum Usitatissimum</i> L.): un superalimento para la industria de grasas y aceites	123
Optimización de cultivo de <i>Chlorella</i> sp para aumentar el contenido de ácidos grasos omega-3	125

BIOCOMBUSTIBLES

Diseño de procesos de reesterificación aceites ácidos	127
Innovaciones en el proceso de producción de biodiesel: hacia una mayor eficiencia y sustentabilidad.	130
Optimization of biodiesel production from unsaturated fatty acids via enzymatic catalysis with hydrated ethanol	132
Producción de biogasoil mediante hidrotratamiento catalítico de aceites de fritura	133
Técnicas electromagnéticas para caracterización y procesamiento de biodiesel	135
Valorization of pequi spiny endocarp through enzymatic production of ethyl biodiesel	137

BIODIESEL

Valorización de depósitos insolubles del biodiesel: obtención de esterilglucósidos y fitoesteres de alto valor agregado.	139
--	-----

COPRODUCTOS

Comparación de métodos de recuperación proteica a partir de expeller de soja según indicadores de eficiencia: extracción alcalina con precipitación isoelectrica y extracción dual	141
--	-----

OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

Antioxidant potential of extracts obtained from açai juçara (<i>Euterpe Edulis</i>) coproducts	143
Comparación del comportamiento durante la fritura de los aceites de oliva virgen y el aceite de girasol de alto oleico .	145
Influencia de la variabilidad entre híbridos de girasol sobre la efectividad antioxidante de sus fenólicos.	148
Potential antioxidant of extracts obtained from açai juçara (<i>Euterpe Edulis</i>) bagasse using deep eutectic solvents and emerging extraction techniques	150

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

Encapsulación de compuestos bioactivos derivados de las semillas de chía (<i>Salvia Hispanica</i> L.) mediante procesos electrohidrodinámicos	152
Improving monoglyceride oleogel functionality through crystal modification	154
Influencia de las condiciones de extrusión sobre las características físicas, térmicas y texturales de harina de quinoa extruida.	156
Producción de coadyuvantes agrícolas a partir de aceite de soja mediante transesterificación parcial controlada	158

REFINACIÓN

Evaluación industrial de una fosfolipasa c termoestable para el desgomado enzimático a alta temperatura	160
Optimización del blanqueamiento de aceite de canola mediante ultrasonido de alta potencia.	162
Performance de la membrana etna01pp para la recuperación de etanol en miscela de aceite	164
Special features in edible oil refining	165
Tecnologías para reducir pesticidas en vitamina e obtenida a partir de destilado de desodorización de aceite de soja .	167

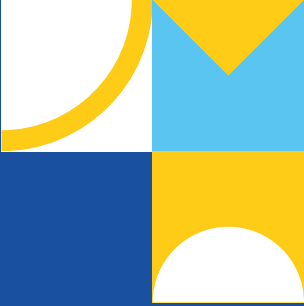
SUSTENTABILIDAD

Biorremediación y generación de valor agregado a partir de residuos de la industria aceitera.	169
Comparación del rendimiento de extracción de aceite de canola utilizando solventes verdes: isopropanol y etanol como alternativas sustentables	170
Diseño y producción ácidos grasos con diversidad estructural: ingeniería metabólica en microorganismos	172
Flexizyme project: a greener approach to fatty amine production	174
Glycerol valorization: a key to improve the sustainability of both oil and biodiesel industries.	176
Modelos circulares: una propuesta para la industria pesquera de la provincia de santa fe	178
Prevención de explosiones de polvo	180
Supercritical technologies for the valorization of vegetable oils and derivatives.	182
Sustainable ketal production from glycerol and ethyl levulinate: thermodynamic properties and design of operating conditions	184
Sustentabilidad en la industria de grasas y aceites: eficiencia energética y soluciones personalizadas	186

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Environmental performance assessment of solutions for the use of macauba (<i>Acrocomia Aculeata</i>) pulp oil in the food and biofuel industries.	188
Industria aceitera - transición energética: ¿amenaza u oportunidad?	190
Purification of biodiesel-derived biolubricants using liquefied gases	192
Sustainable flame-retardant phase change materials from fatty acids: from oils to smart thermal management	194
Tropicalization of canola in brazil: a strategy to diversify the vegetable oil matrix for the biofuels and animal nutrition markets.	196





COMUNICACIONES ORALES



ACEITE DE OLIVA

EFFECTO DEL AGREGADO DE COADYUVANTES EN EL CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES DEL ACEITE DE OLIVA

Bruno Irigaray^{1*}, Nicolás Callejas¹, Natalia Martínez¹, Jimena Posada¹, Miguel Amarillo², Gonzalo da Rosa², Ana Claudia Ellis² Adriana Gámbaro²

¹ Área de Grasas y Aceites, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

² Área Evaluación Sensorial, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

* E-mail: birig@fq.edu.uy

En Uruguay la extracción de aceite de oliva posee, desde ya hace muchos años, una relevancia muy importante. En este contexto, los productores apuestan por la extracción de aceites de oliva de calidad “virgen extra”. Ello los obliga a realizar cosechas tempranas con índices de madurez muy bajos tratando de evitar posibles enfermedades en las olivas con la consecuente pérdida de calidad del aceite extraído. La molturación de este tipo de olivas con índices de madurez bajos hace que sea mucho más probable generar las denominadas “pastas difíciles” obteniéndose rendimientos muy por debajo de los teóricos. Con el objetivo de mejorar estos rendimientos es usual utilizar coadyuvantes que mejoren la extracción del aceite sin modificar la calidad del aceite. Ello hace que se eviten pérdidas que no solamente impactan en la parte económica por no haber extraído una gran parte del aceite, sino que también mejorará el tratamiento de los subproductos generados por dicha industria.

El objetivo de este trabajo se basó en el estudio del impacto del uso de coadyuvantes en el perfil de antioxidantes de aceites de oliva virgen extraídos a partir de olivas uruguayas. Para ello se trabajó con cinco productores de diferentes zonas del país, los cuales suministraron olivas de la variedad Arbequina con diferente índice de madurez (0.8-2.2). La humedad y el porcentaje de aceite teórico en base húmeda determinado mediante el método de Soxhlet presentaron valores entre 60.2 y 65.7% y de 12.5 y 15.4%, respectivamente. Las olivas se molturaron en molino de martillos generando las pastas que luego fueron extraídas en una planta Abencor. Las extracciones se realizaron sin agregado de coadyuvantes (control) y se agregaron como coadyuvantes talco al 0.4% y dos tipos de enzimas comerciales (Vegazym-O y Rapidase) en una concentración de 500 ppm. A todos los aceites extraídos se determinaron los parámetros básicos de calidad (acidez, índice de peróxidos, coeficientes de extinción y perfil sensorial), corroborando que todos los aceites extraídos eran virgen extra.

Los tocoferoles fueron determinados por cromatografía de líquidos de alta resolución mediante la técnica de Andrikopoulos *et al.*, 1991. Para ello se utilizó una columna de fase reversa C18 de 250 mm de largo, 4.6 mm de diámetro y 5 µm de tamaño de partícula. Los solventes utilizados fueron una solución acuosa de ácido acético al 5%, metanol y acetonitrilo. Los cromatogramas obtenidos mostraron que el aceite control presentó valores de entre 213 ppm y 237 ppm siendo el alfa tocoferol

el mayoritario con un porcentaje superior al 90%. En los aceites extraídos mediante la utilización de talco y de enzimas, no se observaron cambios apreciables en el valor de tocoferoles respecto al control. Los biofenoles fueron analizados utilizando la técnica COI/T20/Doc. N°29. El contenido total de biofenoles para el aceite control varió entre 76 y 158 ppm. Al utilizar como coadyuvante talco al 0.4% el valor de biofenoles totales no presentó cambios para cuatro productores mientras que en uno de ellos se observó una leve disminución (158 ppm para el control y 132 ppm para el agregado de talco). En cambio, el agregado de enzimas aumentó en todos los casos el contenido de biofenoles totales con un valor de incremento respecto al control que presentó una variación de entre el 10.8% y 84.5%. El valor de 84.5% se presentó para el aceite con menor índice de madurez 0.8% mientras que el valor de 10.8% fue para el índice de madurez más elevado de todos los analizados siendo este de 2.2. Cuando se consideró la distribución de los biofenoles se observó que el mayoritario fue el pinoresinol con un contenido superior al 25% alcanzando en algunos casos valores del 38% del total. Por otra parte, también se observó la presencia de cantidades apreciables de luteolina, apigenina y de la descarboximetilaglicona del ligustrósido. En una de las muestras se observó una cantidad apreciable de descarboximetilaglicona de la oleuropeina. De acuerdo con la clasificación de los biofenoles se observó cantidades variables en la distribución de ellos, los que presentaron mayor cantidad fueron los lignanos, los flavonoides y los secoiridoides derivados de ligustrósidos.

El agregado de coadyuvantes, talco y enzimas, no mostró una variación apreciable en la distribución de cada uno de los biofenoles.

En conclusión, dependiendo de que tipo de coadyuvante sea utilizado ello puede incrementar el contenido de biofenoles no así el de tocoferoles. Al considerar índices de madurez bajos el agregado de enzimas tuvo un impacto mayor en dicho incremento, lo cual coincide con la formación de pastas difíciles. Ello seguramente se debe a que los biofenoles se encuentran en estructuras del fruto que no permiten su extracción. De esta manera, el agregado de enzimas rompería estas estructuras permitiendo una mayor liberación de ellos haciendo así más sencilla su extracción. Si bien los tocoferoles no se vieron modificados este incremento en los biofenoles seguramente impactará en un aceite con una vida útil superior. Además, al tener estos compuestos características bioactivas su consumo tendrá un mayor potencial benéfico en la salud de los consumidores.

Palabras clave: *aceite de oliva, antioxidantes, coadyuvantes, HPLC.*

ACEITE DE OLIVA

PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE ACEITE DE OLIVA VIRGEN MEDIANTE PROCESOS DE ECONOMÍA CIRCULAR

Aranzazu García-Borrego¹ e Itziar Aguirre-Jiménez²

¹Instituto de la Grasa, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Campus Universidad Pablo de Olavide. Ed. 46. 41013-Sevilla, España.

²Escuela técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad de Sevilla, España.

E-mail: aranzazu@ig.csic.es; itziar@us.es

La demanda mundial de sistemas para la producción sostenible de alimentos puede satisfacerse mediante diseños de economía circular. En este trabajo se ha desarrollado una alternativa viable para la producción de aceite de oliva virgen (AOV) hacia el residuo cero en el entorno de la economía circular.

El AOV es un alimento clave de dietas saludables asociadas a la protección frente a enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico, diabetes, cáncer y otras¹. Estas propiedades se deben a su composición glicérica y a sus componentes menores, principalmente compuestos fenólicos. Estos compuestos poseen potentes propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias, de ahí su efecto bioactivo y protector de diferentes patologías. La extracción del AOV mediante el sistema continuo a 2 fases, el más extensamente implantado en los principales países productores de AOV, genera aproximadamente un 20% de producto, el AOV y un 80% de subproducto, el alpeorujó. El alpeorujó es una sustancia contaminante, de difícil manejo, alta carga orgánica y fitotóxica debido a su contenido fenólico. Durante la extracción de AOV menos del 2% de los compuestos fenólicos de las aceitunas difunden al AOV, el 98% restante permanece retenido en el alpeorujó lo que dificulta considerablemente su degradación biológica. Esto unido a su elevada producción, más de 14 millones de toneladas a nivel mundial en la campaña 2024/2025, hacen del alpeorujó un enorme problema medioambiental aún sin resolver y provoca que la producción de AOV sea insostenible. Paradójicamente, los compuestos que dificultan la biodegradación del alpeorujó, son principalmente compuestos fenólicos que son sustancias naturales que constituyen la principal fracción bioactiva del AOV, haciendo del alpeorujó una fuente de compuestos beneficiosos para la salud y un subproducto de alto valor². El sector agroalimentario, empujado por la demanda social, requiere sustancias bioactivas de origen natural con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y/o antimicrobianas obtenidas mediante extractantes naturales y sostenibles para su uso en la industria alimentaria, nutracéutica y de producción fitosanitaria.

Nuestro equipo de trabajo ha realizado un diseño para la valorización integral del alpeorujó mediante procesos simples en un esquema de Economía Circular (figura 1). Partimos del Proceso 0, la extracción de AOV que genera alpeorujó tóxico y abundante que constituye el problema a resolver. El reciclado integral del alpeorujó es el reto a conseguir mediante nuestro diseño.

El Proceso 1, es la extracción de compuestos fenólicos del alpeorujo con disolventes eutécticos naturales (NADES). Los NADES son una nueva generación de extractantes “verdes”, reciclables, no tóxicos, biodegradables y baratos. Están constituidos por

mezclas de sustancias naturales como ácidos, azúcares, alcoholes, etc. Se formulan fácilmente y a medida en función de los compuestos a extraer. En nuestro diseño, los NADES se formulan con componentes alimentarios y para la extracción fenólica se utilizan técnicas sencillas como la centrifugación. Como resultado de este proceso, se obtiene un nuevo producto: el extracto fenólico con propiedades bioactivas y un nuevo subproducto: el alpeorujo desfenolizado con NADES denominado alpeoNADES. El Proceso 2, es la biotransformación natural del alpeoNADES mediante vermicompostaje por la acción de la lombriz de tierra del género *Eisenia* sobre el subproducto del proceso 1, el alpeoNADES. Se genera así el segundo nuevo producto llamado vermiNADES. Es un vermicompost de calidad útil en agricultura como fertilizante o enmienda orgánica que cierra los ciclos de nutrientes al reincorporarse al suelo del Olivar u otros cultivos.

Con estos procesos concatenados y sostenibles se logra el reto del reciclado integral del alpeorujo. Se reciclan los subproductos del proceso anterior: alpeorujo y alpeoNADES y se generan productos nuevos y de calidad: extracto fenólico y vermiNADES, permitiendo la producción sostenible del AOV.



Figura 1. Diagrama de procesos para la economía circular en la producción de AOV. Proceso 0, extracción de AOV y generación de subproducto 0, alpeorujo; proceso 1, extracción de compuestos fenólicos del alpeorujo mediante NADES y generación de producto 1, extracto fenólico y subproducto 1, alpeoNADES; proceso 2, vermicompostaje del alpeoNADES y generación de producto 2, vermicompost, fertilizante orgánico.

Este novedoso diseño constituye una estrategia viable y económica hacia el residuo cero en la producción de VOO, facilita la transición de un modelo de producción insostenible a un nuevo modelo sostenible a través de procedimientos hacia la economía circular.

Palabras clave: *Aceite de oliva virgen, compuestos fenólicos, alpeorujo, NADES, economía circular.*

Referencias

- [1] Ruiz-García, I., Ortiz-Flores, R., Badía, R. García-Borrego, A. et al. Clinical nutrition 2023. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.06.027>
- [2] Carmona, I., Aguirre, I., Griffith, D., García-Borrego, A. Science of the Total Environment 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162198>

APLICACIONES EN ALIMENTOS

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE SEMILLAS DE CHÍA PARA ELABORACIÓN DE MICROCÁPSULAS/ MICROPARTÍCULAS COMO POTENCIAL INGREDIENTE FUNCIONAL

Claudia Copado¹, Justo Pedroche², Carrera Cecilio³ y Vanesa Ixtaina^{1,4}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CIDCA), CCT La Plata (CONICET), CICPBA, Facultad de Ciencias Exactas (FCE) Universidad Nacional de La Plata (UNLP), 47 y 116, 1900, La Plata, Argentina,

² Grupo de proteínas vegetales, Instituto de la Grasa, CSIC. Ctra. de Utrera Km. 1, 41013 Sevilla, España,

³ Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Escuela Politécnica Superior, Calle Virgen de África, 7, 41011, Sevilla, España

⁴ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCyF, UNLP), 60 y 119, 1900, La Plata, Argentina

E-mail: claudiacopado@quimica.unlp.edu.ar; j.pedroche@csic.es; cecilio@us.es; vixtaina@agro.unlp.edu.ar

El aceite de semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) se distingue como una de las fuentes naturales más abundantes en ácido alfa-linolénico (18:3n-3) (ALA), compuesto ampliamente reconocido por sus efectos beneficiosos para la salud. Entre sus propiedades destacadas, se ha documentado su acción antiinflamatoria y su potencial en la prevención de enfermedades cardiovasculares (1-3). No obstante, a pesar de sus beneficios nutricionales, la elevada susceptibilidad del aceite de chía a la oxidación lipídica representa una limitación importante para su incorporación en matrices alimentarias. En este contexto, mejorar la estabilidad oxidativa del aceite es un desafío clave en el desarrollo de alimentos funcionales fortificados con ALA. Para abordar esta problemática, se evaluó una estrategia de microencapsulación basada en el uso de componentes propios de la semilla de chía, proteínas y mucílago, como materiales de pared para la protección del aceite.

Las emulsiones parentales fueron obtenidas utilizando aceite de chía como fase dispersa (10 % p/p) y en la fase continua se utilizó aislado de proteína de chía (APC) como emulsificante (3% p/p) y se adicionó mucílago de chía (Muc) (1,5 % p/p) y maltodextrina (Mx) (13,5% p/p). Todo el sistema se ajustó a pH 7 utilizando un buffer de fosfato.

La determinación de humedad se realizó mediante termobalanza y permitió evidenciar los bajos niveles ($2,15 \pm 0,16\%$) alcanzados luego de la liofilización. La eficiencia de encapsulación fue de $91,02 \pm 1,29\%$, demostrando un proceso eficiente. La determinación del contenido de proteínas arrojó un valor de $40,06 \pm 3,72\%$. La determinación del Valor de Peróxidos (PV) mostró un nivel bajo de oxidación del aceite microencapsulado ($3,01 \pm 0,36$ meq O₂/kg aceite) tras 45 días de almacenamiento, y el contenido de ALA se mantuvo constante durante el periodo de almacenamiento.

Como conclusión, las micropartículas de aceite de chía, formuladas con componentes propios de la semilla y obtenidas mediante liofilización, presentaron una baja humedad y una alta eficiencia de encapsulación; mostraron un alto contenido proteico y una eficiente protección contra la oxidación

lipídica, demostrada por los bajos niveles de PV y la estabilidad del contenido de ALA durante el almacenamiento. Estos resultados sugieren un alto potencial de estas microcápsulas como ingrediente estratégico en el desarrollo de alimentos funcionales.

Palabras clave: *aceite de chía, microencapsulación, ácido alfa-linolénico, ingrediente funcional, estabilidad oxidativa.*

APLICACIONES EN ALIMENTOS

MANAGING THE RISKS OF FATS AND OILS USED IN FOOD

Constantin Bertoli

Mauren, Principality of Liechtenstein (Europe)
Email: cobem@bluewin.ch

Food production is a complex process that transforms raw agricultural materials into semi- or fully finished edible products, governed by local and international regulations. Suppliers of raw materials and food manufacturers must ensure product safety by preventing contamination throughout the entire production chain, maintaining hygiene and sanitation, and ensuring proper labelling.

Certain consumer groups are demanding food products made with non-genetically modified (non-GM) ingredients. As refining processes can eliminate detectable DNA and proteins, verifying the non-GM status of fats and oils necessitates stringent controls starting from the agricultural stage.

Unrefined fats and oils may contain contaminants such as A) plant protection residues (mainly herbicides and insecticides), B) environmental pollutants like polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs - from incomplete combustion of organic matter), C) metal ions including iron (oxidation catalyst) and toxic heavy metals (As, Cd, Hg and Pb), and D) mycotoxins. Refining can reduce these to safe levels, but may also generate esters of 2- and 3-MCPD (monochloropropanediol) and glycidyl esters. Their formation can be mitigated by controlling refining parameters, especially during bleaching and deodorization.

Mineral oil hydrocarbons, including MOSH (mineral oil saturated hydrocarbons) and MOAH (mineral oil aromatic hydrocarbons), have emerged as contamination concerns due to their potential health risks, particularly the carcinogenic nature of MOAH. Mitigation must focus on preventing contact between mineral oils and seeds, crude oils, or fully refined oils.

Lecithin, a common additive, cannot be refined. Only particulates can be filtered out, so contamination control relies on good agricultural practices.

Lipid oxidation is a primary factor limiting the shelf life of many food products due to the development of undesirable off-flavours and odours. Though oxidation cannot be stopped, it can be slowed by A) selecting the least oxidation-prone oil suitable for the intended application, B) transporting oil from the refiner to the food manufacturer under nitrogen at the lowest feasible temperature, C) oil-appropriate storage, and D) minimizing exposure to degrading conditions (elevated temperatures, air (oxygen) and light) during food production.

Optimizing product distribution also helps preserve shelf life.

If consumers ignore storage guidelines, premature rancidity may occur.

APLICACIONES EN ALIMENTOS

SONOCRISTALIZACIÓN DE GRASAS COMESTIBLES: DEL LABORATORIO A APLICACIONES PRÁCTICAS

Silvana Martini

Department of Food Science and Technology, University of Nebraska-Lincoln
Sesion: Aplicaciones comestibles. Lípidos en Alimentos: un objetivo en constante evolución

Abstract

Fats are important macronutrients that provide a significant amount of energy to our bodies and are carriers of lipid-soluble vitamins and flavors. In addition, fats provide functional properties to food—including texture, mouthfeel and melting properties, to name a few.

These important properties of fats are driven by the physical properties of their crystalline structure including crystal size, rheological behavior, melting behavior, amount of solids, etc. A wide range of physical properties are needed for different food applications, from baking applications to confectionery. These physical properties can be obtained in fats by changing their crystallization behavior through manipulating their chemical composition and processing conditions. It is therefore important to explore novel processing conditions that can affect fat crystallization and therefore their physical properties.

This presentation will summarize research performed using high-intensity ultrasound to crystallize fats. Results obtained on a small scale in a laboratory setting will be discussed and the optimization of these conditions in an industry-relevant set-up, such as scraped surface heat exchanger will be presented. A few practical applications such as changes in physical properties during storage and the use of sonicated fat in baking applications will be also discussed.

Resumen

Las grasas comestibles son macronutrientes importantes que aportan una cantidad significativa de energía a nuestro organismo y son portadoras de vitaminas liposolubles y sabores. Además, las grasas aportan propiedades funcionales a los alimentos, como textura, textura en boca y propiedades de fusión, entre otras.

Estas propiedades de las grasas comestibles se deben a las propiedades físicas de su estructura cristalina, como el tamaño de los cristales, el comportamiento reológico, el comportamiento de fusión, la cantidad de sólidos, etc. Cuando se utilizan grasas comestibles en productos alimenticios se requiere una amplia gama de propiedades físicas para diferentes aplicaciones, desde la panadería hasta la repostería. Estas propiedades físicas se pueden obtener en las grasas modificando su comportamiento de cristalización mediante la manipulación de su composición química y las condiciones de procesamiento. Por lo tanto, es importante explorar nuevas condiciones de procesamiento que puedan afectar la cristalización de las grasas y, por consiguiente, sus propiedades físicas.

Esta presentación resumirá la investigación realizada con ultrasonido de alta intensidad para cristalizar grasas. Se discutirán los resultados obtenidos a pequeña escala en el laboratorio y se presentará la optimización de estas condiciones en una configuración relevante para la industria, como un “scraped surface heat exchanger”. También se discutirán algunas aplicaciones prácticas como los cambios en propiedades físicas durante el almacenamiento y el uso de grasa sonicada en aplicaciones de panadería.

APLICACIONES EN ALIMENTOS

USO DE OLEOGELES DE ACEITE DE GIRASOL DE ALTO OLEICO EN LA ELABORACIÓN DE PANIFICADOS

Martínez Gadea, Natalia¹; Amarillo Marzegan, Miguel²; Gámbaro García, Adriana³; Budelli, Eliana⁴; Irigaray González, Bruno⁵; Jachmanian Alpuy, Iván⁶

¹ Área de Grasas y Aceites, Facultad de Química, Uruguay; nmartinez@fq.edu.uy

² Área de Evaluación Sensorial, Facultad de Química, Uruguay; amarillom@fq.edu.uy

³ Área de Evaluación Sensorial, Facultad de Química, Uruguay; agambaro@fq.edu.uy

⁴ Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Uruguay; ebudelli@fing.edu.uy

⁵ Área de Grasas y Aceites, Facultad de Química, Uruguay; birig@fq.edu.uy

⁶ Área de Grasas y Aceites, Facultad de Química, Uruguay; ijachman@fq.edu.uy

Para la elaboración de panificados, se suelen utilizar diferentes tipos de grasas sólidas tanto de origen animal como de origen vegetal, entre estas se encuentran, mantecas, grasa vacuna, margarinas, etc., las mismas, están constituidas principalmente por grasas saturadas y son las responsables de proporcionarle estructura a estos productos. Si bien en los últimos años la industria alimentaria ha evolucionado en la mejora de la calidad nutricional de las grasas sólidas utilizadas en sus productos, acompañando normativas y mandatos gubernamentales, es conocido que aún persisten aspectos a corregir. Estos aspectos se vinculan principalmente con la reducción del contenido de ácidos grasos saturados (SFA) y la eliminación total de los ácidos grasos trans industriales (TFA), debido a su asociación bien documentada con efectos adversos sobre la salud cardiovascular. Por otro lado, el aumento en el consumo de ácidos grasos insaturados provoca reconocidos efectos beneficiosos para la salud del consumidor. Por esta razón, el concepto de reemplazar los SFA y TFA por ácidos grasos insaturados en los alimentos está ganando popularidad, sin embargo, el reemplazo directo de grasa sólida con aceites líquidos no es una opción debido a las diferencias en sus propiedades físicas y organolépticas.

En este escenario complejo, ha ido cobrando gran interés la oleogelación de aceites vegetales con ceras naturales como agentes estructurantes, las que son dispersadas en el aceite caliente, a bajas concentraciones, formando una red tridimensional en el seno del aceite, para obtener un oleogel. Los oleogeles, por lo tanto, son materiales grasos que parecen sólidos, ya que reológicamente se comportan como tales, aunque prácticamente en su totalidad están constituidos por el aceite líquido.

El objetivo del trabajo fue estudiar el desempeño de oleogeles de aceite de girasol de alto oleico (HOSFO) estructurado con una mezcla de ceras naturales de abeja (BW) y carnauba (CRW) en la elaboración de croissants. Para ello, se prepararon oleogeles de HOSFO estructurados con un 5.0 % BW, CRW y su combinación variando la relación másica BW/CRW desde 50/50 a 90/10 en incrementos de 10 % de BW. Se determinó la composición en ácidos grasos del aceite y de una manteca comercial en un cromatógrafo de gases Shimadzu modelo GC-2010, equipado con detector FID utilizando una columna Supelco SP 2560 (100 m x 0,25 mm x 0,2 µm). El aceite y la fase grasa de la manteca fueron

previamente derivatizados a sus correspondientes ésteres metílicos según el método IUPAC 2.301. El HOSFO y la fase grasa de la manteca presentaron un contenido de SFA y MUFA de 6.9 y 77.6 %, y, 69.1 y 25.7 %, respectivamente.

Se determinaron los barridos de amplitud aplicando una deformación de corte desde 0.01 hasta 100 %, se fijaron la frecuencia a 1 Hz y la temperatura 20 °C. Para ello, se utilizó un reómetro Anton Paar MCR92 equipado con una geometría de platos paralelos rugoso de 50 mm de diámetro y con un sistema de control de temperatura Peltier. Se determinaron las siguientes propiedades reológicas sobre los oleogeles y sobre una manteca comercial: módulo elástico (G'), módulo viscoso (G''), tensión límite elástica (T_L) y tensión en el punto de flujo (T_F). Los ensayos reológicos de los oleogeles mostraron una mayor resistencia a la deformación con el aumento del % BW en la mezcla BW/CRW, siendo los oleogeles estructurados con BW/CRW en las proporciones 80/20 y 90/10 los más fuertes y estables con valores de T_L y T_F de 346 y 355 Pa, y, 582 y 662 Pa, respectivamente. En particular este último mostró valores de T_L y T_F superiores a los de la manteca, por lo que fue seleccionado como ingrediente para la elaboración de un croissant.

Se elaboró un tipo de croissant común o “criollo” de consumo masivo por la población uruguaya siguiendo el protocolo de preparación proporcionado por el Centro de Industriales Panaderos del Uruguay. Para la elaboración del croissant se utilizó como componente graso una manteca comercial, y el producto obtenido se denominó croissant de referencia o control. Asimismo, se preparó otro croissant bajo idénticas condiciones que la referencia, pero utilizando el oleogel seleccionado previamente en reemplazo de la manteca, y el producto obtenido se denominó croissant con oleogel. Se evaluó la calidad sensorial de ambos productos mediante un panel de jueces sensoriales entrenados utilizando escalas no estructuradas de 10 cm con las que se midió la intensidad de los siguientes atributos: color, suavidad, esponjosidad, sabor a grasa y recubrimiento bucal. El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en la intensidad del color, la suavidad y la esponjosidad de ambos croissants. Sin embargo, el croissant con oleogel presentó significativamente ($p < 0.05$) menor sabor a grasa y recubrimiento bucal que el croissant de referencia.

En conclusión, un elevado incremento del % BW en la mezcla BW/CRW contribuye a la formación de oleogeles con comportamientos más viscoelásticos, dentro de los cuales el estructurado con la mezcla 90/10 BW/CRW mostró un comportamiento viscoelástico superior al de la manteca. El uso de oleogel de HOSFO con 5.0 % de BW/CRW 90/10 en la formulación de croissants permite mantener la calidad sensorial general del producto, al tiempo que reduce la percepción asociada al exceso de grasa. Esto refuerza su viabilidad como alternativa en el desarrollo de productos de panadería más saludables, posicionándolo como un potencial sustituto de la manteca.

Palabras clave: *oleogel, aceite girasol alto oleico, reología, panificados, calidad sensorial Presentación de preferencia: oral*

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

MONITOREO MULTIPARAMÉTRICO DE LA DEGRADACIÓN DE ACEITE DE GIRASOL DE FRITURA

J. Corach^{1,2}, M. González^{1,2}, V. Gajardo^{1*}, L. Ciocci^{1,2}, E. Acosta¹, P. Sorichetti¹

¹ UBA, Facultad de Ingeniería, Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires, Argentina.

² CONICET, Godoy Cruz 2290, 1425, Buenos Aires, Argentina

E-mail: jcorach@fi.uba.ar

El monitoreo multiparamétrico eléctrico y acústico constituye una alternativa interesante para el estudio de la degradación de aceites comestibles por calentamiento. La espectroscopía dieléctrica permite determinar las propiedades eléctricas (permitividad compleja ϵ , y conductividad σ) de una sustancia en función de la frecuencia, f . Dado que estos parámetros se pueden relacionar con las propiedades moleculares, su medición contribuye a la caracterización de aceites o grasas. Además, la disponibilidad de equipos portables y de bajo costo permiten efectuar mediciones en las etapas de producción, distribución y consumo. Alternativamente, el uso de ultrasonidos es una técnica prometedora para la evaluación rápida y no destructiva. Se ha demostrado que los parámetros de propagación de las ondas de ultrasonido pueden correlacionarse con las propiedades reológicas y la densidad de los aceites vegetales. Por otro lado, la técnica optoacústica (OA) puede ser usada para generar ultrasonido de banda ancha utilizando un breve pulso láser sobre una superficie ópticamente absorbente. Esto permite medir simultáneamente la velocidad y dispersión del sonido de la muestra bajo estudio.

Esquema de medición entre 10 Hz y 100kHz (LF)

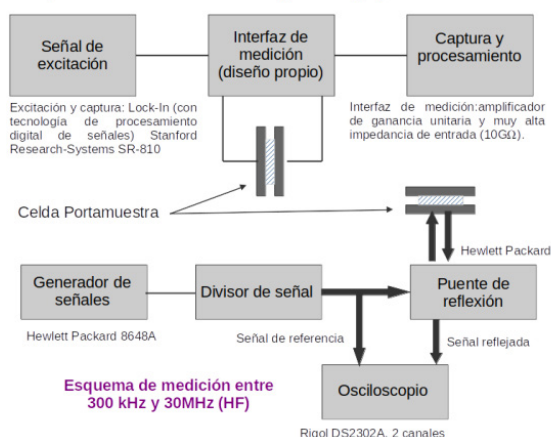


Fig. 1. Esquema experimental para la técnica dieléctrica.

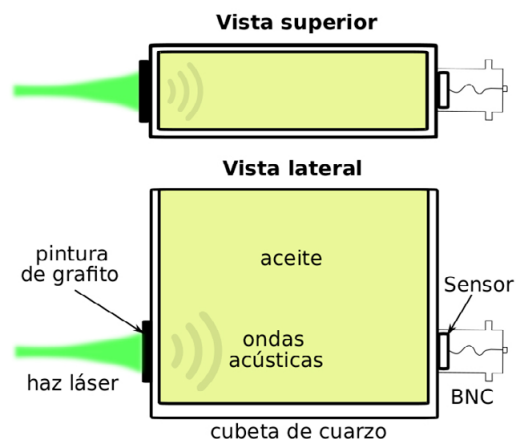


Fig. 2. Esquema experimental para la técnica optoacústica.

En este trabajo utilizamos las técnicas descritas para monitorear la degradación de un aceite de girasol comercial. De una misma botella separamos tres muestras: una sin usar (muestra testigo); una envejecida en un horno a 120 °C durante 24 h; y otra utilizada para freír carne vacuna (un solo uso, filtrada para remover las impurezas visibles y sin sal agregada). En todos los casos, medimos ϵ , σ y la señal OA de la muestra a 15 °C. En las Figs. 1 y 2 se muestran las configuraciones experimentales usadas para cada técnica. La Fig. 3 muestra la parte real de ϵ de las muestras en función de f . Se observa que ϵ es independiente de f y que depende claramente de la historia previa, siendo mayor en las muestras calentadas. Esto indicaría que los procesos de calentamiento aumentan los grupos polares debido a la oxidación que tiene lugar. La Fig. 4 muestra un aumento de σ en la muestra usada para freír. Esto puede deberse al aumento de portadores de carga que no son eliminados con el filtrado.

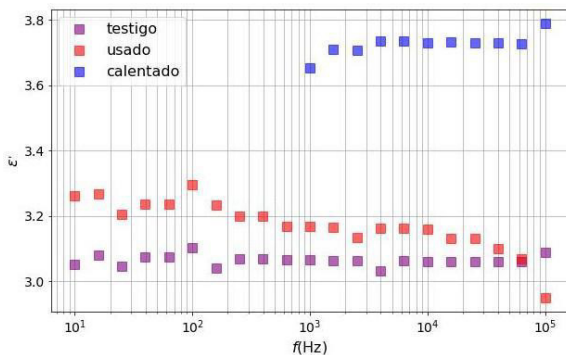


Fig. 3 Parte real de la ϵ en función de f .

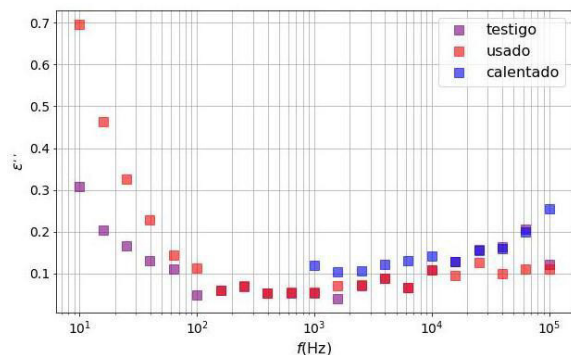


Fig. 4 Parte imaginaria ϵ en función de f .

En las Figs. 5 y 6 se muestran las señales OA y sus espectros, respectivamente. Como sustancia de referencia se utilizó agua destilada. En la Fig. 5 se presentan como varían las velocidades del sonido para las distintas muestras medidas. En la Fig. 6 se ve que aumenta la dispersión del pulso de ultrasonido a medida que se degrada el aceite por calentamiento.

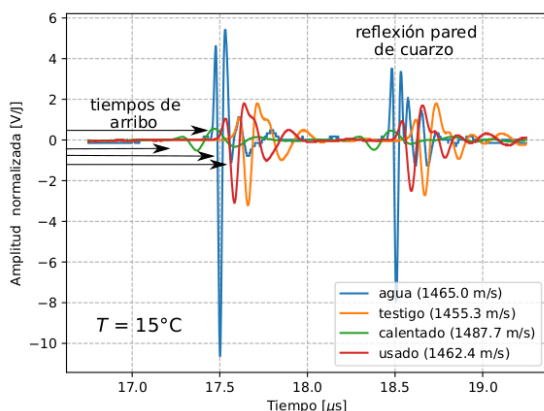


Fig. 5. Señales OA en función del tiempo.

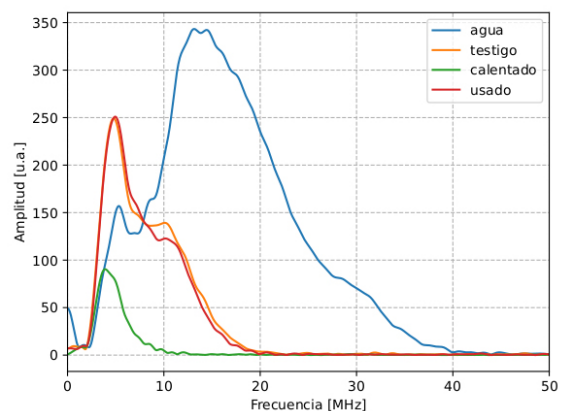


Fig. 6. Espectros de las señales OA medidas

En conclusión, tanto la espectroscopía dieléctrica como las técnicas OA permiten detectar la degradación de aceites vegetales.

Palabras clave: aceites; optoacústica; espectroscopía dieléctrica; velocidad del sonido

BIOCOMBUSTIBLES

PROPERTIES AND PHASE EQUILIBRIA IN THE DESIGN OF CATALYTIC HYDROTREATMENT REACTORS FOR GREEN AVIATION FUEL

Benjamín Díaz, Francisco A. Sánchez, NataliaCotabarren, Selva Pereda, Pablo Hegel*

Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur (UNS). Planta Piloto de Ingeniería Química – PLAPIQUI (UNS-CONICET), Bahía Blanca, Argentina
E-mail: phegel@plapiqui.edu.ar

Green jet fuel production from vegetable oils has received great interest in recent decades for its use in commercial flights due to its clear advantages in reducing carbon dioxide emissions. Currently, industrial plants are being developed to supply commercial airlines with bio-jet fuel under ASTM certifications by blending it with fossil jet fuels, up to a 50% blend ratio [1]. In the conventional hydrotreating process, vegetable oils and fatty acids are converted into hydrocarbons in a three-step process: deoxygenation, isomerization and cracking, and distillation [1,2]. In the first step, fatty acids, under an excess of hydrogen (H_2), are transformed into straight chain paraffins in the deoxygenation process at pressures between 10 and 130 bar and temperatures of nearly 623 K, with the aid of catalysts. Deoxygenation occurs through three possible mechanisms: decarboxylation, decarbonylation, and hydrodeoxygenation. Thus, CO_2 , CO , and water can be produced in addition to paraffinic hydrocarbons [1]. Yields conversion to paraffinic components of up to 97% can be obtained depending on the catalyst [3]. Additionally, liquid hourly space velocity (LHSV) and the H_2 /oil ratio play an important role. Optimal ranges for LHSV and H_2 /oil ratios are reported to be $1-2\ h^{-1}$ and 800–1500 NL/L, respectively.

This study reviews the operational conditions of reactors and separators for hydrotreating of vegetable oils. The focus is on the deoxygenation step within a high-pressure/high-temperature reactor, employing solvents to mitigate mass transfer resistance associated with H_2 's partial miscibility in the oily phase. Deoxygenation reactions were evaluated in a laboratory reactor at 350 °C and varying operating pressures, according to the ratio of H_2 /oil/ C_3H_8 solvent used in the experiments. Phase equilibrium behavior is examined using the GCA-EoS model for binary and multicomponent systems of interest. Previous research has confirmed the suitability of the GCA-EoS model for process design and optimization[4]. Co-solvents, such as propane, are essential in determining phase conditions. High propane/ H_2 molar ratios facilitate single-phase operation at 623 K and 150 bar. Understanding the effect of mixture composition on critical properties elucidates how hydrogen and propane compositions influence reaction rates and conversions.

Keywords: *Sustainability, fatty acids, propane, deoxygenation reaction, phase equilibria*

References

- [1] M Song, X Zhang, Y. Chen, Q Zhang, L Chen, J Liu, L Ma. *Energy* 2023, 129107.
- [2] ES Why, HC Ong, HV Lee, YY Gan, WH Chen, CT Chong. *Energy Conversion and Management*. 2019, 199:112015.
- [3] M. Wang, M. He, Y. Fang, J. Baeyens, T. Tan. *Catalysis Communications*. 2017, 1;100:237-41.
- [4] Hegel PE, Cotabarren NS, Brignole EA, Pereda S. *Journal of Chemical & Engineering Data*. 2017 Dec 7;63(4):1044-52.

CRUSHING

OILSEED CRUSHING : ARE THERE VIABLE ALTERNATIVES FOR HEXANE?

Wim De Greyt

R&D Director, Desmet Belgium

Technical hexane is by far the most used solvent in the oilseed crushing industry. Over the years, the hexane crushing process has been continuously optimized resulting in very performant extraction equipment and highly energy efficient crude oil distillation and meal desolventizing technologies.

In a recent report, the European Food Safety Authority (EFSA) concluded that a re-assessment of the safety of hexane used as extraction solvent for oilseeds is needed. In anticipation on the outcome of this re-assessment, oilseed crushers are carefully looking into alternative oilseed crushing processes. Among the approved solvents for oilseed extraction mentioned in the recently amended EU directive 2009/32, ethanol and 2-Methyloxolane are most studied as alternatives for hexane. Both are green bio-based solvents that have no demonstrated harmful effects and are safe to use.

Studies focus on extraction related aspects such as oil solubility, oil extraction efficiency and also selectivity. Co-extraction of some polar lipids, sugars and proteins will affect the crude oil composition and have an impact on the operation of the (first stages of the) oil refining process and the resulting oil losses. In addition, possible modifications/redesign of the meal desolventizing and miscella distillation sections of the crushing plants have to be addressed. Based on current available data, it can already be concluded that the operating cost of an extraction process with ethanol or 2-methyloxolane is markedly higher than the operating cost of a classical extraction with hexane.

In the whole discussion on alternative extraction solvents, full mechanical pressing also has to be considered. In the latter process, no solvents are used at all and the plant design is much simpler. Pre-pressing is already widely applied on oil-rich seeds such as sunflower and rapeseed and yields 2/3th of the total extracted oil. Overall press oil quality is also usually better (less impurities, less phospholipids,...). However, high residual oil content in the press cake is still considered a main drawback.

OXIDACIÓN

ESTRATEGIAS DE ESTABILIZACIÓN Y VEHICULIZACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA CHÍA (*SALVIA HISPÁNICA* L.)

Luciana M. Julio¹, Claudia Copado², Vanesa Y. Ixtaina²

¹ Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI) (CONICET, UNSa) Argentina.

² Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) (CONICET La Plata, FCE-Universidad Nacional de La Plata, CICBA), Argentina.

E-mail: luci_julio86@hotmail.com

El aceite de chía (*Salvia hispanica* L.) es una de las fuentes naturales más ricas en ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (AGPI ω -3), reconocidos por sus múltiples beneficios nutricionales. No obstante, su elevada susceptibilidad a la oxidación lipídica compromete su estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento, lo que representa un desafío para su incorporación en el desarrollo de alimentos funcionales. Para superar esta limitación, se exploraron estrategias de vehiculización, como emulsiones multicapa, microencapsulación y nanoemulsiones, con el objetivo de preservar su estabilidad y funcionalidad en matrices alimentarias. Se desarrollaron emulsiones multicapa mediante la técnica de deposición electrostática capa-por-capla (layer-by-layer LBL), utilizando lecitinas de girasol, quitosano y mucílago de chía. Estas emulsiones mostraron una notable estabilidad física y oxidativa, atribuida al mayor espesor de la película interfacial y a la carga catiónica de las gotas, que podrían limitar la interacción con agentes prooxidantes. Paralelamente, se obtuvieron microcápsulas mediante secado por aspersión de los sistemas multicapa, las cuales registraron una alta eficiencia de encapsulación y protección oxidativa durante 90 días de almacenamiento, destacándose las microcápsulas tricapa por su mayor estabilidad oxidativa.

Por otro lado, se exploró la incorporación de aceite de chía en nanoemulsiones (oil-in-water O/W), evaluando el impacto de diferentes presiones de microfluidización. Todos los sistemas presentaron una alta estabilidad física y oxidativa durante 50 días de almacenamiento refrigerado. De los sistemas evaluados, se seleccionó aquel procesado a 1000 bar por presentar la mayor estabilidad fisicoquímica y las características más favorables, el cual se empleó para enriquecer un queso blanco comercial con AGPI ω -3. Durante 50 días de almacenamiento refrigerado, se monitoreó la estabilidad fisicoquímica y la calidad microbiológica de los quesos blancos fortificados. Los resultados confirmaron que todos los productos cumplieron con los requisitos para ser considerados “fuente de ácidos grasos omega-3”, según el Código Alimentario Argentino, superando el umbral de 300 mg de ácido α -linolénico (ALA) por porción, y demostraron ser microbiológicamente seguros.

En base a lo expuesto, los sistemas de vehiculización evaluados, como nanoemulsiones O/W, emulsiones y microcápsulas multicapa, resultaron estrategias efectivas para proteger el aceite de chía y facilitar su incorporación en matrices alimentarias, contribuyendo así al desarrollo de alimentos funcionales.

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

AVANCES TECNOLÓGICOS EN OLEOGELES: EL USO DE ULTRASONIDO Y CONDICIONES DE PROCESAMIENTO

Silvana Martini

Department of Food Science and Technology, University of Nebraska-Lincoln

Sesion: Modificación de aceites y grasas: soluciones tecnológicas innovadoras para un futuro sostenible y saludable

Abstract

Oleogels have been explored for almost 20 years as an alternative source of fats with low-saturated and no trans-fats content. Oleogels are complex systems where an olegelator is used in small quantities (less than 10%) to entrap liquid oil and form a semisolid material. The advantage of using oleogels over shortenings is that it has low content of saturated fatty acids, and not trans-fats. However, oleogels have a few limitations including oiling off and a waxy mouthfeel. Therefore, many studies have been performed to evaluate the quality of oleogels formulated with different oleogelators, different oils, and different processing conditions with the objective of improving their functional properties.

In this presentation we will summarize research performed on the use of high-intensity ultrasound and processing conditions to crystallize oleogels to improve their physical properties. We will also describe the use of different oleogelators as a single ingredient and in combination. This presentation will provide insights on how processing conditions and ingredients choice can be manipulated to improve the properties of oleogels.

Resumen

Los oleogeles han sido estudiados durante casi 20 años como una fuente alternativa de grasas con bajo contenido de grasas saturadas y sin grasas trans. Los oleogeles son sistemas complejos en los que se utiliza un olegelante en pequeñas cantidades (menos del 10%) para atrapar el aceite líquido y formar un material semisólido. La ventaja de usar oleogeles sobre grasas semisolidas es su bajo contenido de ácidos grasos saturados y la ausencia de grasas trans. Sin embargo, los oleogeles presentan algunas limitaciones, como la pérdida de aceite y una sensación cerosa en boca. Por lo tanto, se han realizado numerosos estudios para evaluar la calidad de los oleogeles formulados con diferentes oleogelantes, aceites, y condiciones de procesamiento, con el objetivo de mejorar sus propiedades funcionales.

En esta presentación, resumiremos la investigación realizada sobre el uso de ultrasonidos de alta intensidad y condiciones de procesamiento para cristalizar oleogeles y mejorar sus propiedades físicas. También describiremos el uso de diferentes oleogelantes como ingrediente único y en combinación. Esta presentación proporcionará información sobre cómo se pueden manipular las condiciones de procesamiento y la elección de ingredientes para mejorar las propiedades de los oleogeles.

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y TERMOMECAÁNICA DE OLEOGELES ESTRUCTURADOS CON MEZCLAS DE CERAS NATURALES: RELACIÓN ENTRE NANOESTRUCTURA Y PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS

Neuvis Alejandro Pino¹, Fernando Pschunder², Yanina B. Bava³, Lucas Marchetti¹, Lisandro J. Giovanetti³ y Gabriel Lorenzo^{1,4*}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CIDCA), CONICET – CICPBA-UNLP, La Plata, Argentina

³ Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones, Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina,

² Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), UNLP- CONICET, Argentina,

⁴ Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

* Presentador del trabajo: gabriel.lorenzo@ing.unlp.edu.ar

Resumen

Los oleogeles (OG) estructurados con mezclas binarias de cera de abejas (BW) y cera de carnauba (CW) proponen una estrategia prometedora para imitar las propiedades físicas de las grasas saturadas utilizando aceites vegetales insaturados con un perfil lipídico saludablemente más interesante. El objetivo del presente trabajo fue investigar en profundidad cómo las interacciones BW-CW influyen en la morfología interna y el comportamiento reológico de los oleogeles generados, haciendo hincapié en la caracterización estructural a nanoescala. Se estudiaron OG producidos a partir de mezclas binarias de BW y CW con 9 g/100 g en distintas proporciones de ambas ceras (0:100%; 33%:67%; 67%:33% y 100%:0). Desde el punto de vista mecánico, las muestras se sometieron a ensayos termo-reológicos oscilatorios y barridos de frecuencias dentro del rango viscoelástico lineal como así también ensayos de relajación de esfuerzos. Desde el punto de vista estructural, los oleogeles fueron caracterizados mediante dispersión de rayos X de pequeño y gran ángulo (VSAXS, SAXS y WAXS). El análisis reológico mostró que las mezclas de ceras de abeja y carnauba mejoraron sustancialmente la rigidez de los OG, con valores de módulos elásticos (G') hasta diez veces superiores a los de sistemas conformados con un solo tipo de cera, formando redes estables entre 4 y 25 °C. Los ensayos de WAXS, SAXS y VSAXS revelaron que la cera de abeja promovió nanoestructuras ordenadas (6,4–7,6 nm), mientras que la cera de carnauba condujo a agregados más amorfos (9–15 nm). El gel más homogéneo y estructuralmente cohesivo se obtuvo con una proporción BW:CW de 33%:67%, cuyo espectro careció de picos laminares distintivos, lo que correlacionó con su resistencia mecánica superior. A partir de los barridos de frecuencias se determinaron los espectros de tiempos de relajación para cada uno de los oleogeles mediante el modelo generalizado de Maxwell. Por otro lado, dada la heterogeneidad de la microestructura, se empleó el modelo empírico de Guinier- Porod utilizando los

resultados de VSAXS, para estimar un diámetro característico promedio de cada muestra mediante el cálculo de su radio de giro (R_g). Ambos modelos permitieron obtener una correlación inversa altamente significativa entre el R_g y el módulo de relajación (G_i) correspondiente al tiempo de relajación más largo, lo que indica que aquellas matrices con agregados más grandes de la microestructura son las que presentan los elementos con menor elasticidad que se relajan en tiempos más prolongados. Asimismo, el análisis del perfil térmico demostró que si bien la cera de carnauba elevó el inicio de la gelificación (de 52 °C en OG con BW sola a 63 °C en muestras de CW), el agregado de cera de abeja facilitó una cristalización más rápida. Los ensayos de relajación de esfuerzos confirmaron una estabilidad estructural mejorada en los OG binarios, los cuales retuvieron hasta 50× más elasticidad después de la deformación en comparación con los sistemas de cera única. Este trabajo permitió observar que, al manipular las proporciones de estas dos ceras, resulta posible controlar el desarrollo y las características de la nanoestructura y optimizar de este modo el comportamiento macroscópico. Estas perspectivas respaldan el uso de oleogel de ceras binarias como sustitutos de grasas sólidas personalizados en aplicaciones alimentarias, equilibrando integridad estructural, estabilidad térmica y viscoelasticidad.

Palabras Clave: *Oleogel, Nanoestructura, Reología, SAXS/WAXS.*

Área temática: Procesos de modificación

Área temática optativa: Aplicaciones en alimentos

Tipo de presentación: Poster.

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

ESTRUCTURACIÓN DE ACEITES SALUDABLES CON AISLADO PROTEICO DE SOJA Y KAPPA-CARRAGENATO PARA EL DESARROLLO DE EMULGELES POR MOLDEO E IMPRESIÓN 3D

Araí Toledo*, Adriana Mauri, Pablo Salgado

Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CIDCA, CONICET CCT La Plata – CIC – UNLP), La Plata, Argentina.

*E-mail: toledoarai@gmail.com

Resumen: Los aceites vegetales, como el aceite de soja (rico en omega-3 y omega-6), aportan ácidos grasos insaturados y presentan propiedades tecnofuncionales limitadas y baja estabilidad oxidativa en comparación con las grasas. La hidrogenación parcial mejora estas propiedades, pero incrementa el contenido de ácidos grasos saturados y trans, asociados con mayor riesgo cardiovascular, diabetes y obesidad. En este contexto, la estructuración de aceites vegetales con biopolímeros se presenta como una estrategia prometedora para obtener sistemas que imitan las propiedades de las grasas saturadas, sin modificar el grado de insaturación ni producir ácidos grasos trans. El objetivo fue estudiar la obtención de emulgeles, por moldeo o impresión 3D, formulados a partir de emulsiones O/W de aceite de soja estabilizadas con mezclas de aislado proteico de soja (SPI) y kappa-carragenato (kC), analizando el efecto de la formulación y del procesamiento. Se prepararon dispersiones acuosas de SPI (5% p/p) con diferentes concentraciones de kC (0; 0,5; 1% p/p) y se mezclaron con distintas proporciones de aceite de soja ($\Phi_m = 0,1; 0,3; 0,5; 0,7$). Las emulsiones O/W se refrigeraron en moldes para obtener emulgeles por moldeo, o se utilizaron como biotinta en una impresora 3D. Las formulaciones sin kC no formaron emulgeles ni fueron adecuadas para impresión 3D (salvo $\Phi_m = 0,7$). A partir de las emulsiones con kC se obtuvieron emulgeles autoportantes que retuvieron la totalidad del aceite incorporado; el aumento de Φ_m y kC incrementó la dureza, la adhesividad y el módulo elástico G' . Los emulgeles impresos mantuvieron su forma. Los resultados evidencian que es posible estructurar aceites saludables mediante el uso combinado de SPI y kC, con alto potencial como sustitutos de grasas saturadas y trans y gran versatilidad tecnológica para la formulación de alimentos saludables, funcionales y personalizados.

Palabras clave: *sustitutos grasos, estabilidad de emulsiones, biopolímeros funcionales, alimentos saludables, impresión 3D.*

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

STABILITY AND TEXTURE OF WAX-BASED OLEOGEL-EMULSIONS: INFLUENCE OF EMULSIFIER TYPE AND WATER CONTENT

Roberta Claro da Silva*, Rycal J. S. Blount, Md. Jannatul Ferdous

Department of Family and Consumer Sciences, College of Agriculture and Environmental Sciences, North Carolina A&T State University, Greensboro, NC 27411, USA

*E-mail: resilva@ncat.edu

The demand for healthier fat alternatives in food products has accelerated interest in oleogel and oleogel-emulsion systems. This study investigates the influence of emulsifier type and water content on the physical stability, oil-binding capacity (OBC), and texture of glycerol monostearate–beeswax based oleogel-emulsions structured with soybean oil. Emulsions were formulated with three emulsifiers—Phospholipon 90G (P90G), Soy Lecithin (SL), and Tween 80 (T80)—at four concentrations (0.5%, 1%, 1.5%, and 2%) and three water levels (5%, 10%, and 15%). Evaluations included oil binding capacity, textural analysis (firmness, toughness, spreadability, adhesiveness), and polarized light microscopy to assess structural integrity and thermal stability.

Results showed that the emulsion containing 1.5–2% P90G and 10% water achieved the highest OBC ($86.85 \pm 1.0\%$) after 7 days. However, the most spreadable and least firm emulsion was formulated with 0.5% P90G and 10% water—emphasizing a tradeoff between stability and softness. In contrast, emulsions with Tween 80 (particularly 0.5% T80 with 10% water) exhibited the highest firmness and lowest spreadability, indicating a strong gel-like texture. SL-based emulsions displayed intermediate textural properties but notably performed better at higher water concentrations.

Texture analysis revealed that emulsions with 5% water had the highest firmness and toughness across most emulsifier types, especially at higher emulsifier levels. For P90G and SL emulsions, increasing water content (from 5% to 15%) typically reduced firmness and adhesiveness but increased spreadability, suggesting a softening effect of water on gel structure. Meanwhile, T80 emulsions showed less sensitivity to water level but retained a firmer profile overall.

Polarized light microscopy images revealed that emulsions with high P90G or SL (2%) and low water (5%) maintained stable crystalline structures up to 40 °C. Tween 80 emulsions remained thermally stable regardless of water concentration, confirming their strong emulsifying efficiency. Droplet size and crystal density were inversely related—emulsions with smaller droplets exhibited higher stability, particularly in the case of P90G at 1.5–2%.

These findings demonstrate that combining emulsifier type, concentration, and water content is critical in determining oleogel-emulsion performance. P90G-stabilized emulsions are ideal for applications requiring a smooth texture and spreadability, such as spreads and dressings. At the same time, SL and T80 may be preferred for firmer applications like meat analogues or bakery fillings. The

choice of emulsifiers also impacts thermal and structural stability, affecting shelf life and transport.

By adjusting formulation parameters, food developers can utilize oleogel-emulsion systems to decrease saturated fat while preserving desirable functionality. The study supports the potential of glycerol monostearate-based oleogel emulsions as clean-label, customizable fat alternatives for various food matrices.

Keywords: *oleogel, emulsifier, oil binding capacity, texture analysis, structured lipids, spreadability*

Preferred presentation: Oral

Language of presentation: English

Preferred session: Aplicaciones in Alimentos

Alternative session: Procesos de modificacion

REFINACIÓN

DESTILACIÓN A ALTO VACÍO PARA LA ELIMINACIÓN DE HIDROCARBUROS DE TIPO MINERAL EN ACEITES: EVALUACIÓN TÉCNICA Y CONSIDERACIONES REGULATORIAS

M.V. Ruiz-Méndez*,; R. B. Gómez-Coca, yW. Moreda.

Instituto de la Grasa. CSIC-Seville, Spain

* *Presentación oral en castellano*

Introducción

Los hidrocarburos minerales (MOH, por sus siglas en inglés), que incluyen las fracciones de compuestos saturados (MOSH) y aromáticos (MOAH), constituyen una preocupación creciente en la industria alimentaria por sus potenciales efectos tóxicos. El objetivo del presente estudio fue establecer las etapas de refinación de aceites de orujo de oliva más eficaces para su eliminación, utilizando técnicas de destilación de recorrido corto a alto vacío y analizar cómo estas afectan otros parámetros de calidad del producto.

Materiales y Métodos

Se utilizaron 12 muestras de aceites de orujo de oliva proporcionadas por ORIVA. Las pruebas se realizaron con equipos de destilación molecular de la serie KDL 5 (VTC-UIC-GmbH), localizados en el Instituto de la Grasa (CSIC, Sevilla, España) y en Alemania. Se evaluaron tres configuraciones principales de tratamiento:

a) **Destilación en una sola etapa:** Seis muestras de aceites desodorizados fueron tratadas a un flujo de 100 g/h.

b) **Destilación en dos etapas sucesivas (discontinuas):** Seis muestras de aceites decolorados fueron tratadas secuencialmente a 100 g/h y luego a 50 g/h.

c) **Destilación en dos etapas continuas (ensayo piloto a escala superior):** Una muestra fue tratada a 500 g/h utilizando una planta DSL5/KDL5 con dos etapas de evaporación. La primera etapa eliminó humedad y compuestos volátiles ligeros; la segunda etapa se enfocó en eliminar compuestos contaminantes y la acidez libre. En esta última se evaluaron seis temperaturas distintas.

A las muestras iniciales y a las obtenidas durante los ensayos se le han realizado las siguientes determinaciones: MOSH y MOAH (mg/kg); ésteres de 3MCPD y glicidol tanto en formas libres como esterificadas (mg/kg); acidez libre (%), composición en ácidos grasos (%) y ácidos grasos *trans* (Σ Trans, %), ésteres etílicos de ácidos grasos (FAEE; LQ=5 mg/kg), Σ Ceras (mg/kg), Compuestos Glicerídicos (%), contenido (mg/kg) y composición (%) de esteroides, eritrodioleína (mg/kg), alcoholes alifáticos (mg/kg), tocoferoles (mg/kg), estabilidad Rancimat (110 °C, h).

Resultados y Discusión

Los resultados más eficientes se obtuvieron con aceites previamente decolorados con doble tratamiento de destilación. En la primera destilación de estos aceites se observó una reducción promedio de 34,6% de MOSH y 45,6% de MOAH. Una segunda etapa permitió alcanzar reducciones acumuladas del 73,9% para MOSH y del 81,2% para MOAH, sin aumentar los contenidos de 3MCPD y glicidol. Estos porcentajes indican que el doble tratamiento es sustancialmente más eficaz para eliminar los contaminantes en comparación con la destilación en una sola etapa.

Un hallazgo clave fue que el contenido inicial de MOH en las muestras no determinó el contenido final absoluto. El resultado final depende fuertemente la composición global de cada muestra. En mezclas complejas como el aceite de orujo de oliva, compuestos volátiles como ésteres alquílicos, esteroides libres, alcoholes alifáticos e hidrocarburos compiten entre sí durante la evaporación, lo que afecta las eficiencias de remoción conforme a las proporciones relativas de cada grupo de compuestos y de las condiciones operativas del proceso.

El ensayo continuo a escala piloto (configuración b.2) replicó en condiciones más cercanas a las industriales los resultados obtenidos en laboratorio, confirmando la viabilidad técnica del proceso. Sin embargo, se identificaron dos aspectos críticos que deben ser abordados antes de considerar el escalado industrial completo.

Aspectos Críticos Identificados

1. Re-estabilización Post-Destilación: Aunque las destilaciones mejoraron ciertos indicadores de calidad, como la reducción de compuestos polimerizados, no se aplicó una etapa final de estabilización por desodorización a baja temperatura. Esta etapa es esencial para garantizar la estabilidad físico-química del aceite y asegurar que el producto final cumpla con los estándares organolépticos y de conservación.

2. Cumplimiento Normativo en Compuestos Reglamentados: El proceso de destilación alteró el contenido y perfil de esteroides del aceite. En particular, se observó un incremento en la concentración de delta-7-estigmastenol, posiblemente debido a la mayor volatilidad de otros esteroides libres. Este cambio podría llevar a que el aceite final no cumpla con los límites establecidos por la legislación vigente en cuanto al contenido y proporción de esteroides, generando potenciales problemas legales y comerciales.

Conclusión

Las técnicas de destilación molecular aplicadas en dos etapas consecutivas, especialmente sobre aceites previamente decolorados, permiten una eliminación eficaz de MOH, alcanzando reducciones de hasta un 81,2% en MOAH. No obstante, la implementación a escala industrial requiere resolver aspectos técnicos clave como la estabilización posterior al tratamiento y la conservación del perfil de esteroides dentro de los márgenes reglamentarios.

Para futuras aplicaciones industriales, sería recomendable incluir una fase final de desodorización a baja temperatura y realizar un control exhaustivo del perfil de esteroides antes de la comercialización. Además, sería conveniente estudiar más a fondo la influencia de las condiciones de operación (temperatura, vacío, flujo) sobre otros compuestos menores para asegurar la calidad integral del aceite refinado.

Palabras Clave: MOSH y MOAH; Refinación; Destilación molecular; Esteroides; Aceite de orujo de oliva.

REFINACIÓN

EDIBLE OIL QUALITY: IT IS (NOT) ALL ABOUT CONTAMINANTS MITIGATION AND VALUABLE MINOR COMPONENTS

Wim De Greyt

R&D Director, Desmet, Belgium
E-mail: wim.degryt@desmet.com

Edible oil quality can be expressed by different parameters. Excellent organoleptic properties together with a good oxidative stability and functionality are an absolute requirement. In addition, high quality food oils need to contain very low levels of harmful contaminants (food safety) and highest amount of valuable minor components (nutritional quality).

Increased awareness of consumers about the quality and the safety of oils and fats in their diets - all or not based on scientifically correct information obtained from consumer organisations and social media groups- together with new international regulations that impose stricter limits for several contaminants are forcing edible oil refiners to continuously adjust their refining processes.

Over the last decades, more sensitive and accurate analytical methods were developed that revealed the presence of 'new' contaminants such as polycyclic aromatic hydrocarbons (2000's), 3-MCPD and GE (2010's-) while today's focus is mainly on mineral oils (MOSH/MOAH).

A good understanding of the mechanisms of formation (process contaminants) or contamination sources (environmental contaminants) is essential for the development of directed and (cost-) efficient mitigation processes.

Innovations in bleaching (use of active carbon and other special clays) and deodorization (more powerful vacuum systems and more efficient packed column strippers) are implemented by oil processors and result in a successful (process) contaminant mitigation. For the mitigation of environmental contaminants such as MOSH/MOAH, the most efficient mitigation strategy is to minimize/avoid contamination which can be achieved by a systematic analysis of the critical contamination points.

However, oil refiner's focus should not only be on contaminant mitigation. Refining process modifications have to be adopted in a smart way to ensure that the refined oil still has a good 'standard' quality (light color, correct organoleptic properties and good shelf life) and also that the valuable minor components (tocopherols, tocotrienols, phytosterols, oryzanol,...) are retained in the refined oil.

In conclusion, optimizing the refining process conditions in such a way that all quality parameters can be met at the same time is a real challenge and requires a very good understanding of the impact of the various process parameters on the individual quality parameters.

REFINACIÓN

INCREASING OIL YIELD WITH ENZYMATIC DEGUMMING AND REFINING

Luiza Avezum y Jorge Moreno

Company: dsm-firmenich

Abstract

Enzymatic degumming and refining have emerged as beneficial alternatives to traditional water degumming and chemical refining for oilseeds like soybean oil, offering increased oil yield and improved downstream processing by reducing phosphorus content. Despite challenges such as equipment limitations and process adjustments, solutions have been developed over the past decade to facilitate this transition. Enzymatic degumming has led to increased revenue for non-lecithin producers due to the additional oil yield. Enzymatic refining helps processors meet product specifications with lower phosphorus and metal content, while supporting environmentally friendly production. Although commonly used in soybean processing, enzymes can also be applied to other oils providing versatile benefits across various applications, including biofuel production. Enzymatic process is a robust solution, but the oil quality, type of oil, and process conditions will define the best solution for the specific needs.

Keywords: *enzymes, degumming, refining, oil-yield, sustainable, soybean*

SUSTENTABILIDAD

COGENERACIÓN EN LA INDUSTRIA ACEITERA: EFICIENCIA, CONFIABILIDAD Y SUSTENTABILIDAD

Eduardo León y Pablo Sobral*

Ingeniería Agrest SRL / UTN BA / Facultad de Ingeniería, UBA.
E-mail: eleon@agrestsrl.com

El uso eficiente de la energía, especialmente la térmica, es un factor determinante en los procesos industriales de elaboración de aceites vegetales. Si bien existen múltiples enfoques posibles, y necesarios —como la optimización de los procesos productivos, el mantenimiento de los activos existentes o la integración de fuentes y sumideros térmicos internos—, la cogeneración, entendida como la producción simultánea e integrada de energía térmica y eléctrica, constituye la estrategia de mayor impacto en términos de eficiencia global y confiabilidad operativa. En este trabajo se analiza la aplicación de tres tecnologías principales de Cogeneración en plantas aceiteras, clasificadas según la máquina generadora de energía eléctrica: • Turbinas de vapor, donde el vapor —generado a alta presión— se expande hasta presiones compatibles con las necesidades del proceso (por ejemplo, 12 bara), permitiendo recuperar la totalidad del calor útil que, en una central térmica convencional, se pierde hacia el medio ambiente. Si bien se genera menos energía eléctrica que en una expansión completa hasta vacío, el aprovechamiento energético global es notablemente superior.

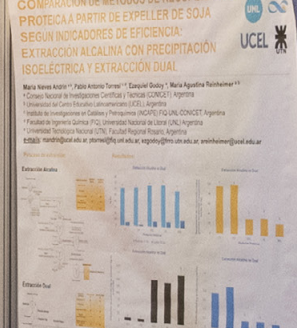
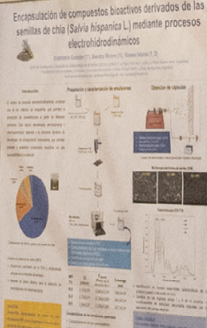
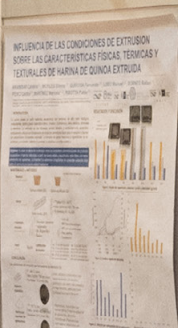
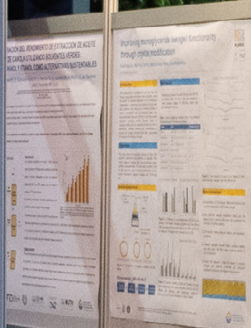
• Turbinas de gas con caldera de recuperación (HRSG), que utilizan los gases de escape a alta temperatura para producir vapor de proceso. Esta solución presenta también altos rendimientos globales, con instalaciones relativamente simples y de menor costo. Cuando se dimensiona para cubrir toda la demanda de vapor, suele producir excedentes eléctricos exportables a terceros o a la red, exportación cuya viabilidad depende de las condiciones técnicas y marco regulatorio vigente. Una variante más compleja, pero potencialmente más beneficiosa, consiste en generar vapor de alta presión en la HRSG y complementarlo con una Turbina de vapor. • Motores alternativos de combustión interna, una alternativa menos aplicable debido a limitaciones técnicas como la baja temperatura de una parte del calor residual (lo que dificulta su recuperación), mayores costos de mantenimiento, y combustible sustituto muy costoso (gasolina, en caso de faltante de gas natural). La Cogeneración en plantas aceiteras reduce el consumo de energía primaria, mejora la estabilidad del suministro eléctrico y la eficiencia energética global, y aporta a una operación más sustentable, alineada con los desafíos actuales de descarbonización y uso racional de los recursos.

Preferencia de presentación: Oral Idioma de exposición: Castellano Sesión preferente: Sustentabilidad Sesión alternativa: Transición energética

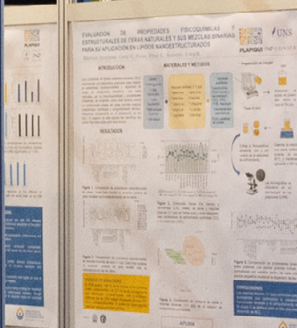
Palabras clave: *eficiencia energética, cogeneración, recuperación de calor, descarbonización, vapor de proceso, sustentabilidad.*



DE GRASAS Y ACEITES



HSE INGENIERÍA



PÓSTERS

ACEITES ESPECIALES

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ACEITES EXTRAÍDOS DEL FRUTO DE BUTIÁ (*BUTIÁ ODORATA*): CONTENIDO LIPÍDICO Y COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS

María Emilia Arias*, Nadia Segura, Nicolás Callejas

Área Grasas y Aceites, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CYTAL), Facultad de Química, Universidad de la República (UDELAR), Montevideo, Uruguay
E-mail: ariasme@fq.edu.uy

La palmera butiá (*Butiá odorata*) es una especie que pertenece a la familia Arecaceae, nativa del sur de Brasil y el este de Uruguay, especialmente en los departamentos de Rocha, Treinta y Tres y Cerro Largo. La presencia de butiá en Rocha da lugar a una formación vegetal distintiva, reconocida por su singularidad en Uruguay y en la región, con una extensión estimada en 70.000 hectáreas.

Estas formaciones de palmar se destacan por su elevada biodiversidad y por su valor cultural, ya que constituyen un símbolo de identidad local para la población rochense y para el país en su conjunto. El fruto de butiá está constituido principalmente por la pulpa, que representa aproximadamente el 74 % de su peso total, y por el coco, que corresponde al 26 % restante. En el interior del coco se encuentran las almendras, las cuales representan cerca del 30 % de su masa. Tradicionalmente, los frutos de butiá se han utilizado en la elaboración de productos como mermeladas y licores, donde el coco resulta ser un subproducto desechado. A su vez, a partir del fruto fresco de butiá pueden obtenerse subproductos de elevado valor nutricional, como la pulpa tamizada y las almendras, los cuales presentan un amplio potencial de aplicación en la elaboración de diversos alimentos, tales como helados, salsas, mermeladas, dulces, rellenos para bombones, galletas y almendras garrapiñadas.

El objetivo del presente trabajo consistió en determinar y comparar los contenidos lipídicos de extracción de aceite obtenidos a partir de diferentes fracciones del fruto de butiá (pulpa, coco entero, corteza del coco y las almendras). Asimismo, se buscó caracterizar la composición en ácidos grasos de los aceites extraídos.

Los frutos de butiá fueron recolectados de palmares ubicados en el departamento de Rocha (km 270). Tanto la pulpa, como los cocos y las almendras se removieron manualmente para luego obtener el aceite mediante extracción con solventes, utilizando una mezcla de hexano:isopropanol en proporción 3:2 (v/v) (Hara & Radin, 1978). La composición de ácidos grasos fue determinada mediante cromatografía de gases (GC) tras la derivatización de los lípidos a sus ésteres metílicos, siguiendo el método AOCS Ce 2-66. Para ello, se utilizó un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2010 equipado con detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar SUPELCO SP-2560 (100 m x 0.25 mm x 0.20 µm).

Los rendimientos de extracción de lípidos variaron significativamente entre las diferentes fracciones del fruto. El mayor contenido lipídico se obtuvo en las almendras, con un 45.7 %, seguidas

por el coco entero con un 10.3 %. En comparación, la pulpa presentó un contenido lipídico de 2.8 %, mientras que la corteza del coco mostró el valor más bajo, con un 1.8 %. Estos resultados evidencian que las almendras constituyen la fuente más rica en aceites dentro del fruto, lo que resalta su potencial como fuente de lípidos.

En cuanto a la composición en ácidos grasos, las distintas fracciones del fruto evaluadas mostraron diferencias marcadas. El ácido láurico (12:0) fue el más abundante tanto en el coco entero (33 %) como en la almendra (34 %), seguido por la corteza (16 %), mientras que no fue detectado en la pulpa. Asimismo, el ácido mirístico (14:0) presentó contenidos relevantes, particularmente en la almendra y el coco entero (6.7 % en ambos casos), con menor presencia en la corteza (3.7 %) y escasa en la pulpa (menor al 1 %).

En cuanto a la composición en ácidos grasos, las distintas fracciones del fruto evaluadas mostraron diferencias marcadas. El ácido láurico (12:0) fue el más abundante tanto en el coco entero (33 %) como en la almendra (34 %), seguido por la corteza (16 %), mientras que no fue detectado en la pulpa. Asimismo, el ácido mirístico (14:0) presentó contenidos relevantes, particularmente en la almendra y el coco entero (6.7 % en ambos casos), con menor presencia en la corteza (3.7 %) y escasa en la pulpa (menor al 1 %). En la pulpa se encontró, además, un contenido importante de ácido palmítico (16:0) (23 %).

En cuanto a los ácidos grasos de cadena media, se observó una proporción significativa de ácido caprílico (8:0) y ácido cáprico (10:0) en la almendra (13 % y 14 %, respectivamente), mientras que en la pulpa fueron los menos representativos (menores al 1 %).

La fracción de pulpa mostró un perfil lipídico particular, con un predominio de ácidos grasos insaturados, en particular el ácido oleico (18:1) con un 39 % y el ácido linoleico (18:2) con un 17 %. La corteza, el coco entero y la almendra también presentaron una proporción importante de ácido oleico (26 %, 20 % y 19% respectivamente), mientras que los valores correspondientes de ácido linoleico fueron de 19 %, 5.3 % y 4.9% respectivamente. A su vez, en la pulpa se cuantificó una concentración considerable de ácido palmitoleico (16:1) (2.2 %).

El presente estudio evidenció que las distintas fracciones del fruto (coco entero, corteza, almendra y pulpa) presentan perfiles lipídicos claramente diferenciados, lo que pone de manifiesto la heterogeneidad en la distribución de ácidos grasos dentro del fruto. En particular, las almendras mostraron el mayor contenido lipídico, lo que las posiciona como el componente del fruto más eficiente para su aprovechamiento en procesos industriales orientados a la obtención de aceites. Estos aceites, pueden ser aplicados en la elaboración de diversos alimentos, contribuyendo así a la revalorización de subproductos, que suelen ser tradicionalmente desechados.

Palabras claves: *Butiá odorata*, ácidos grasos, aceites vegetales

ACEITES ESPECIALES

APROVECHAMIENTO DE LA SEMILLA DE ZAPALLO PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE Y COMPUESTOS FENÓLICOS.

Luciana Vera Candiotti^{1,2*}, Emilse Negro^{1,2}, Claudio Bernal^{1,2}

¹ Cátedra de Bromatología y Nutrición. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Santa Fe, Argentina.

² CONICET, Santa Fe, Santa Fe, Argentina.

* E-mail: luveca@fbc.edu.unl.ar

Resumen

Reducir considerablemente la generación de desechos por medio de actividades de prevención, reciclado y reutilización forma parte de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible. En este sentido, resulta de gran interés la recuperación de compuestos bioactivos presentes en los subproductos del procesamiento de alimentos y su reutilización en la cadena alimentaria. En este contexto, se propone revalorizar el cultivo de zapallo mediante el aprovechamiento de su semilla. Las semillas de zapallo, que generalmente se descartan como material de desecho durante el procesamiento, son altamente nutritivas y beneficiosas para la salud, destacándose en la nutrición humana por su elevado contenido de compuestos bioactivos. Estos compuestos confieren a las semillas potenciales efectos farmacológicos y diversas aplicaciones biológicas, como propiedades antidiabéticas (hipoglucemiantes), antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias.

Este trabajo tiene como objetivo formular un producto nutricionalmente valioso, elaborado a partir de aceite de semilla de zapallo y antioxidantes naturales, con potenciales efectos benéficos para la salud humana.

Para las experiencias de laboratorio se utilizaron semillas comestibles de las variedades de la planta Cucurbita, C. moschata y C. pepo. Se determinó su composición centesimal mediante métodos oficiales codificados en la AOAC obteniendo como resultados los siguientes valores: lípidos 43 %, proteínas 30 %, carbohidratos 17 %, humedad 4.7 % y cenizas 4.4 %.

El aceite de la semilla de zapallo (ASZ) se obtuvo mediante prensado en frío de semillas empleando una prensa mecánica (modelo HONGLE PX7-550) controlando que la temperatura no supere los 40°C (rendimiento del 25 %). El ASZ obtenido se centrifugó para eliminar el material suspendido. Posteriormente se determinó el perfil de ácidos grasos (AG) mediante cromatografía gaseosa (GC-FID). El ASZ contiene 49.6 % de ácido α -Linoleico (9c,12c-18:2, n-6) un AG poliinsaturado esencial de la familia omega 6. Asimismo contiene un 32 % de ácido oleico (9c-18:1), un 10.8 % de ácido palmítico (16:0) y 5.2 % de ácido esteárico (18:0) como AG mayoritarios. También contiene pequeñas cantidades de ácido α -linolénico, palmitoleico, araquídico, eicosanoico, lignocérico y behénico (< 1%).

Se estimó la calidad química inicial del ASZ empleando métodos analíticos codificados en la AOCS. El índice de saponificación fue de 182 mg KOH/g, índice de iodo de 109 gI₂/100 g, y la ma-

teria insaponificable de 0.84 % p/p. El estado oxidativo e hidrolítico se estimó a través del índice de peróxido que fue de 1.29 (meq O₂/Kg), índice de acidez de 3.37 mg KOH/g, y el índice de anisidina que fue no detectable.

Se determinó el contenido de tocoferoles (TF) mediante cromatografía líquida de alta performance con detección UV. El ASZ contiene 435 mg/Kg de TF totales. La capacidad antioxidante del aceite (principalmente debida a la presencia de TF) se determinó empleando el método secuestrante de radicales libres (DPPH) obteniendo una IC 50 de 10.56 mg aceite/ml que corresponde a un valor de 0.47 mg trolox/g. Asimismo se determinó el contenido de sustancias reductoras a través del método de Emmeric-Engel dando como resultado un valor de 0.646 mg TF/g.

En resumen la optimización del método de prensado en frío de las semillas de zapallo permitió maximizar la eficiencia en la extracción del aceite, minimizando la generación de compuestos de oxidación para mantener intacta la calidad del aceite y preservar sus características organolépticas. El ASZ es una buena fuente de ácidos grasos poli- insaturados de la familia omega 6 (PUFA n-6) y sustancias con elevado poder antioxidante (tocoferoles, fitoesteroles, flavonoides, entre otras). Posteriormente se determinó la composición centesimal del remanente resultante de la extracción primaria del aceite (expeller) obteniendo como resultado los siguientes valores: lípidos 18 %, proteínas 43 %, carbohidratos 25 %, humedad 6.7 % y cenizas 6.4 %. A través de un proceso de maceración con una mezcla hidro-alcohólica se extrajeron los compuestos fenólicos del expeller. A este extracto se le midió la capacidad antioxidante a través del método de Folin-Ciocalteau (0.36 mg AG/g muestra), FRAP (ensayo de Poder Antioxidante Reductor Férrico) (0.26 mg trolox/g muestra) y del método de DPPH IC 50 de 37.75 mg expeller/ml con 0.156 mg trolox/g). Como conclusión de esta etapa la extracción hidro-alcohólica de las sustancias bioactivas (mayoritariamente compuestos fenólicos y flavonoides) presentes en el expeller, garantizó la calidad alimentaria del extracto. Se planea investigar el uso del expeller resultante como ingrediente alimentario, dado que es una fuente rica en proteínas, con propiedades tecno-funcionales, así como en fibra alimentaria y en macro y micronutrientes.

Gracias a las mediciones realizadas se pone en evidencia el potencial uso de la semilla de zapallo, su aceite y el expeller residual en la elaboración de alimentos o suplementos funcionales nutricionalmente valiosos. El ASZ, por sus cualidades nutricionales benéficas para la salud, emerge en nutrición humana como una alternativa a los aceites convencionales. Alimentos funcionales o suplementos alimentarios a base de aceite de zapallo podrían tener un fuerte impacto positivo en la salud humana, específicamente en la prevención de ciertas enfermedades.

Palabras clave: aceites no convencionales, semilla de zapallo, cucúrbita, suplemento nutricional,

ACEITES ESPECIALES

APROVECHAMIENTO DE LAS SEMILLAS DEL FRUTO DE AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA L.) COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE VEGETAL

Pedro P. Ugarte-Espinoza¹, Victor Delgado-Soriano¹, Lorenzo Estivi², Alyssa Hidalgo², Gloria Pascual-Chagman^{*1}

¹ Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias, Av. La Universidad s/n. La Molina, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú.

² Department of Food, Environmental and Nutritional Sciences (DeFENS), Università degli Studi di Milano, Milan, Italy

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivos evaluar la influencia del contenido de humedad de la semilla y la temperatura de prensado en el rendimiento y calidad del aceite de semillas de aguaymanto (ASA), caracterizarlo y predecir su vida en anaquel. Se aplicó un Diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial para estudiar los efectos del contenido de humedad de la semilla (8, 10 y 12 %) y la temperatura de prensado (60, 80 y 100 °C) en el rendimiento de aceite y parámetros fisicoquímicos de calidad. El ASA se caracterizó en base a su perfil de ácidos grasos, color, índice de yodo, índice de saponificación, índice de refracción y materia insaponificable. Para predecir la vida en anaquel, se determinó el índice de estabilidad oxidativa (IEO) a tres temperaturas (100, 110 y 120 °C) bajo las condiciones del Rancimat. El mayor rendimiento de aceite (86.43 %) y la mejor calidad se obtuvo con un contenido de humedad de semillas del 8 % y una temperatura de prensado de 60 °C. Bajo estas condiciones, el ASA presentó un alto contenido de ácidos grasos insaturados, principalmente de ácido linoleico (75.99 %), con índice de yodo de 140 mg I₂/g e índice de refracción de 1.4769. El índice de saponificación y la materia insaponificable fueron de 188.10 mg KOH/g y 1.67 %, respectivamente. La vida en anaquel predicha a 25 °C fue 120.44 días.

Palabras clave: aguaymanto, *Physalis peruviana*, recuperación de aceite, prensa de tornillo, Rancimat, vida útil.

ACEITES ESPECIALES

CHEMICAL EVALUATION AND VALORIZATION POTENTIAL OF LIPIDS FROM BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) LARVAE REARED ON OLIVE POMACE AND BREWER'S SPENT GRAIN

Picco, RPA, Zurueta, S., Marín, R.H., & Luna, A.*

Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (IIBYT, UNC-CONICET)

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

* E-mail: agustinluna@unc.edu.ar

Introduction

The growing global demand for sustainable sources of protein and oil has driven research into innovative alternatives to conventional raw materials. Agro-industrial by-products such as olive pomace (OP) and brewer's spent grain (BSG) pose environmental challenges due to their volume and chemical composition, yet they also represent valuable opportunities for reuse. The black soldier fly (*Hermetia illucens*, BSF) larva has emerged as a highly efficient bioconversion agent capable of transforming organic waste into protein- and lipid-rich biomass. While its ability to reduce waste has been widely explored, a deeper understanding of its lipid metabolism and the modulation of its fatty acid profile according to the substrate remains a subject of significant scientific and commercial interest. The aim of this study was to assess how two substrates with markedly different chemical profiles—one lipid-rich (OP) and the other rich in fibrous carbohydrates and proteins (BSG)—influence the lipid composition of BSF larvae, with a particular focus on fatty acid transformation.

Materials and Methods

Six-day-old *Hermetia illucens* larvae were reared under controlled laboratory conditions (30 °C, 60% RH) on two distinct substrates: olive pomace (OP), a by-product of olive oil extraction, and brewer's spent grain (BSG), a residue from the beer industry. Both substrates were chemically characterized to determine their proximate composition (moisture, ash, crude protein, crude fat) and fatty acid profiles via gas chromatography (GC) after derivatization to fatty acid methyl esters (FAMES). Larvae were harvested at the prepupal stage. Both larval biomass and the residual frass were subjected to the same chemical analyses. The lipid composition of the larvae was evaluated to determine substrate influence and potential fatty acid bioconversion.

Results and Discussion

OP exhibited a high lipid content (~15% dry basis), dominated by oleic acid (C18:1, ~57%), followed by palmitic acid (C16:0, ~18%) and linoleic acid (C18:2, ~18%). In contrast, BSG showed a lower fat content (~6.6%) but higher protein (~15%) and fiber levels. Its lipid profile was dominated by linoleic

acid (C18:2, ~44%) and palmitic acid (C16:0, ~35%), with a low oleic acid proportion (~9%). These dietary differences were directly reflected in the macromolecular composition of the larvae. Larvae reared on OP accumulated extremely high lipid levels (up to 57.5% dry weight), while those fed BSG displayed a more balanced profile, with lower fat content (~36%) and a higher protein fraction (~31%). These findings highlight the remarkable metabolic plasticity of BSF larvae and their capacity to modulate body composition in response to dietary input.

Analysis of the fatty acid profile of extracted larval oil revealed not only a significant substrate influence but also strong evidence of *de novo* biosynthesis. Larvae fed on OP produced oil with a significantly higher proportion of oleic acid (C18:1, ~39%) compared to those reared on BSG (~15%), indicating partial bioaccumulation of the predominant dietary fatty acid. Additionally, a marked increase in medium-chain fatty acids (MCFAs), especially lauric acid (C12:0), was observed, suggesting active biosynthesis. Lauric acid, a minor component in both substrates (OP: ~3%, BSG: ~10%), became one of the most abundant fatty acids in larval oil. This effect was particularly pronounced in larvae fed on BSG, where lauric acid comprised over 62% of the oil. In larvae reared on OP, lauric acid content also increased substantially, reaching ~16%.

This substantial lauric acid production indicates that BSF larvae function not merely as fat accumulators but as active lipid bioreactors. They utilize substrate-derived carbohydrates and proteins (particularly abundant in BSG) as precursors for lipogenesis, preferentially synthesizing saturated medium-chain fatty acids. This biotransformation capacity aligns with previous studies showing BSF larvae can synthesize SFAs from dietary carbohydrates.

Conclusions

Substrate composition not only modulates the fat and protein content of *Hermetia illucens* biomass but also significantly defines its oil profile. Our results demonstrate that BSF larvae perform lipid bioconversion beyond simple bioaccumulation. The marked biosynthesis of lauric acid (C12:0), significantly increasing its concentration in larval biomass, supports the reconsideration and valorization of insect-derived oil—particularly from BSF—as a lipid alternative for animal nutrition. Using carbohydrate-rich substrates such as BSG yields oil highly enriched in lauric acid, of great interest to the animal feed industry for its antimicrobial properties. Conversely, lipid-rich substrates like OP produce oil that partially retains the original profile (e.g., high oleic acid content) but is enriched with MCFAs. The valorization of agro-industrial by-products via *H. illucens* offers a solution to waste management challenges and enables the production of high-value oils with specific compositions, tailored for diverse applications with specific functional needs.

Keywords: *Hermetia illucens*, fatty acids, olive pomace, brewer's spent grain, bioconversion, lauric acid.

ACEITES ESPECIALES

COMPARACIÓN FÍSICOQUÍMICA, NUTRICIONAL Y TECNOLÓGICA DEL ACEITE DE SEMILLA DE ALBAHACA (*OCIMUM BASILICUM* L.) Y CHÍA (*SALVIA HISPÁNICA*)

**Sandra Marisel Sanchez Catorceno^{*a}, Manuel Oscar Lobo^a,
María Dolores Jiménez^a, María Alejandra Giménez^a, Norma Samman^a**

^a Facultad de Ingeniería - Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Tecnologías y Desarrollo Social para el NOA (CIITED), CONICET-UNJu, Ítalo Palanca 10, Jujuy, Argentina.

La demanda creciente de aceites vegetales funcionales motivó el estudio de matrices lipídicas alternativas con potencial nutracéutico e industrial. En este contexto, el aceite de semilla de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (ASA) y el aceite de semilla de chía (*Salvia hispánica*) (ASCh) despiertan interés por su composición en ácidos grasos insaturados (AGI) y compuestos bioactivos. Este trabajo compara características fisicoquímicas, perfil nutricional y aplicaciones tecnológicas de ambos con el objetivo de identificar ventajas y limitaciones de cada uno para su aprovechamiento industrial.

El perfil lipídico de ambos se caracteriza por el alto contenido de AGI; el α -linolénico (C18:3n-3) es el ácido graso (AG) mayoritario, con 50-70g/100g AG totales y 55-65g/100g AG totales para ASA y ASCh, respectivamente, seguidos de linoleico (C18:2n-6), y oleico (C18:1n-9), con concentraciones variables según el genotipo, cultivo, grado de madurez y método de extracción empleado (Ixtaina *et al.*, 2011; Mostafaviet *et al.*, 2019; Nazir y Wani, 2021). Desde una perspectiva nutricional, estos ácidos grasos son esenciales y presentan propiedades beneficiosas para la salud, como ser hipolipemiantes, antiinflamatorias, antioxidantes y cardioprotectoras, ampliamente documentadas en la literatura científica (Shrestha *et al.*, 2022). Sin embargo, el alto grado de insaturación los vuelve susceptibles a la oxidación lipídica, lo que requiere condiciones de extracción, procesamiento y almacenamiento adecuadas para prevenirla. Entre los compuestos lipídicos bioactivos mayoritarios, se identificaron γ -tocoferol, β -armirina y el β -sitosterol en ASA y β -sitosterol, estigmasterol, campesterol y avenasterol en ASCh (Ixtaina *et al.*, 2011; Calderón Bravo *et al.*, 2021; Martínez *et al.*, 2022). Las propiedades fisicoquímicas son influenciadas por el perfil lipídico, por lo que presentan mayor índice de yodo, índice de saponificación e índice de peróxidos comparados con los aceites convencionales. Ambos aceites son extraídos mediante tecnologías clásicas como el prensado mecánico o extracción con solventes, y métodos no convencionales como extracción supercrítica con CO_2 . Esta última mostró mayor eficiencia de rendimiento y preservación de compuestos bioactivos (Dhara *et al.*, 2022). La torta residual de la extracción del aceite de ambas semillas presentó alto contenido proteico (20–25% p/p), adecuado para su valorización como ingrediente funcional en alimentos o piensos. Las semillas de chía tienen un contenido lipídico de 30-35%, y las de albahaca 10-18% (g aceite/100g semilla) (Ixtai-

naet *al.*, 2011; Nazir y Wani, 2021). Este aspecto favoreció la viabilidad económica del procesamiento industrial de la semilla de chía. En términos tecnológicos, se utilizaron estrategias como la microencapsulación y la emulsificación O/W (aceite en agua) para mejorar la estabilidad oxidativa del aceite y controlar la liberación de AG omega-3. La microencapsulación del ASCh fue extensamente estudiada, evaluándose diversos agentes de pared, antioxidantes y métodos de secado (Ixtaina *et al.*, 2022). Entre sus aplicaciones alimentarias, se destacó su incorporación en pastas secas, donde demostró un efecto protector frente a la oxidación durante el almacenamiento y cocción (González *et al.*, 2021). En mantequilla, la adición de ASCh microencapsulado permitió el enriquecimiento en omega-3 sin comprometer la calidad sensorial hasta 90 días de almacenamiento refrigerado. Asimismo, en productos cárnicos tipo Frankfurt, las emulsiones enriquecidas con ASCh mejoraron parámetros nutricionales y texturales (Zettel y Hitzmann, 2018). En cambio, el ASA, debido a su perfil organoléptico, se considera un ingrediente atractivo en productos gourmet; no obstante, su aplicación se centra en el desarrollo de productos tópicos y de aromaterapia, por lo que su incorporación en alimentos es un tema reciente de investigación. Desde una perspectiva agroindustrial, la semilla de chía presenta una cadena de valor más consolidada, con producción a mayor escala en Latinoamérica, en particular en México, Argentina, Paraguay y Bolivia (De Falco *et al.*, 2017). En cambio, la albahaca es cultivada principalmente con fines aromáticos o culinarios, y la producción de sus semillas oleaginosas se realiza en menor escala, lo que restringe su disponibilidad como materia prima para extracción de aceite; en este sentido, profundizar en los estudios sobre la extracción y los usos del ASA podría incentivar el aprovechamiento de sus semillas, promoviendo así una utilización más integral del cultivo y nuevas oportunidades productivas.

Palabras claves: aceite de semilla de chía, aceite de semilla de albahaca, omega-3

Referencias

- De Falco, B., Amato, A., & Lanzotti, V. (2017). Chia seeds products: An overview. *Phytochemistry reviews*, 16 (4): 745-760. <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9511-7>
- Dhara, O., Prasanna Rani, K. N., & Chakrabarti, P. (2022). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Vegetable Oils – Retrospective and Prospects. *Food Science and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202200006>
- González, A., Bordón, M. G., Bustos Schmidt, M. C., Córdova Salazar, K. L., Ribotta, P. D., & Martínez, M. L. (2021). Study of the incorporation of native and microencapsulated chia seed oil on pasta properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 233–241. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14623>
- Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V. G., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W. K., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 166–174.
- Ixtaina, V. Y., Hoffman, E., Copado, C. N., Diehl, B. W. K., & Tomás, M. C. (2022). Microencapsulation of chia seed oil by spray-drying: Influence of the antioxidant addition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 125(1), 2200134. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202200134>
- Nazir, S., & Wani, I. A. (2021). The phytochemical variability of fatty acids in basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) affected by genotype and geographical differences. *Lipids*, 53(8), 911–918.
- Martínez, R., Mesas, C., Guzmán, A., Galisteo, M., López-Jurado, M., Prados, J., Melguizo, C., Bermúdez, F., and Porres, J. (2022). Bioavailability and biotransformation of linolenic acid from basil seed oil as a novel source of omega-3 fatty acid tested on a rat experimental model. *Food & Function*, 13(14), 7614–7628.
- Mostafavi, S., Asadi-Gharneh, H., & Miransari, M. (2019). The phytochemical variability of fatty acids in basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) affected by genotype and geographical differences. *Food chemistry*, 276, 700–706. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.027>
- Shrestha, M., Shrestha, S., & Shrestha, N. K. (2022). Chemical composition, health benefits and applications of chia seeds: A review. *Tribhuvan University Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 31–37.
- Zettel, V., & Hitzmann, B. (2018). Applications of chia (*Salvia hispanica* L.) in food products. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 43–50.

ACEITES ESPECIALES

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CINÉTICA DE EXTRACCIÓN ETANÓLICA DE ACEITE DE SEMILLAS DE LIMÓN

A. Benestante^{1,2}, E. Baümler^{1,2} y M.E. Carrín^{1,2*}

¹ Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI), CONICET-UNS, Argentina

² Departamento de Ingeniería Química (DIQ), UNS, Argentina

* E-mail: mcarrin@plapiqui.edu.ar

Actualmente, la evaluación de alternativas tecnológicas para extraer compuestos de interés de matrices alimenticias contempla la transformación de los procesos convencionales, incluyendo diversos aspectos en línea con la agenda medioambiental global. El aprovechamiento de corrientes sólidas residuales para recuperar nuevos materiales, que actualmente son descartados, está directamente relacionado con uno de estos aspectos, como lo es la gestión de residuos. En este contexto, la industrialización de cítricos genera un subproducto (semillas) que, hoy en día, carece de valor agregado. A su vez, el uso de solventes verdes, como el etanol, permitiría considerar alternativas más sostenibles frente a los procesos convencionales que utilizan solventes de fuentes fósiles. No obstante, el estudio de variables operativas críticas, como la temperatura del proceso, junto con el modelado matemático, resulta fundamental para su futura implementación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura en la extracción etanólica de aceite de semillas de limón (SL) por medio de sus parámetros cinéticos obtenidos mediante el modelado matemático. Las semillas fueron secadas a 80 ± 2 °C hasta alcanzar una humedad final de $9,57 \pm 0,11\%$ base seca y molidas. Luego, las SL molidas fueron sometidas a extracción en un sistema batch (relación sólido:solvente de 1:10 g/ml) a dos temperaturas (60 y 70 °C) y a diferentes tiempos de contacto (2-480 min). Tanto la humedad como la temperatura de preacondicionado fueron optimizadas en trabajos previos, mientras que la proporción sólido:solvente fue seleccionada para evitar la restricción de volumen de la miscela para el posterior modelado. La condición de 60 °C se corresponde con aquella comúnmente utilizada en la extracción convencional (hexanos) en el sector industrial, mientras que la condición de 70 °C se estableció como aquella que permitiría incrementar los coeficientes de transferencia de masa sin alcanzar una condición crítica de operación (ebullición del solvente). En ambos casos, la extracción se realizó con etanol azeótropo de grado alimenticio (96%, p.e. 78,4 °C). Transcurrido el tiempo de contacto, la miscela fue filtrada y fraccionada mediante enjuagues secuenciales con hexanos para recuperar el material soluble e insoluble en el mismo (MSH y MIH, respectivamente), determinando el material total extraído (MTE) como la suma de estas dos fracciones (MSH y MIH). El rendimiento de extracción a cada tiempo de contacto fue expresado en % g aceite /g SL en base seca ($n \geq 2$). El comportamiento de los rendimientos adimensionalizados en función del tiempo fue modelado mediante la ecuación de difusión de Fick para cada temperatura. Los resultados obtenidos mostraron que la variación de

la temperatura de extracción afectó significativamente tanto al máximo valor del rendimiento de extracción de MSH como al tiempo en el que este se obtuvo. El incremento de la temperatura en 10 °C permitió aumentar en un 51% el MSH recuperado, alcanzando un rendimiento de $19,07 \pm 1,11\%$. Este efecto está directamente relacionado con la dependencia de la solubilidad del MSH en el solvente de extracción con la temperatura. Asimismo, en cuanto al aumento en el tiempo de extracción requerido para lograr el rendimiento máximo de MSH (de 5 a 480 min), se infiere que la restricción en la capacidad extractiva de la miscela etanólica encontrada a 60 °C sería parcialmente mitigada, favoreciendo la continuación de la extracción de MSH. Por otra parte, a partir del modelado matemático de las cinéticas extractivas, se determinó que el MSH recuperado por un mecanismo de transferencia de masa convectivo (lavado superficial) alcanzó valores del 83 y 68% para las temperaturas de 60 y 70 °C, respectivamente. Desde el punto de vista experimental, para la condición de menor temperatura se encontró similitud con el rendimiento estimado en el menor tiempo analizado (2 min), pero no así para la temperatura más alta, en la que el valor experimental en dicho tiempo fue 24% mayor. A partir del modelado de los datos experimentales, se determinaron coeficientes de difusividad efectiva de $6,85 \cdot 10^{-16}$ y $9,88 \cdot 10^{-16}$ m²/s a 60 °C y 70 °C, respectivamente. Con respecto al MTE, los rendimientos de extracción fueron aumentando con el tiempo hasta alcanzar el valor máximo a los 480 min, siendo de $28,09 \pm 0,26\%$ a 70 °C ($\square 33\%$ mayor que a 60 °C). Este incremento estaría vinculado con el carácter polar del solvente etanólico, su afinidad por compuestos hidrosolubles en el MIH y su dependencia con la temperatura. En adición, la composición de MSH en la miscela etanólica fue disminuyendo conforme avanzó el tiempo de extracción, reduciéndose en un 15% y 21% para 60 y 70 °C, respectivamente. Al ajustar la ecuación de difusión sobre los rendimientos de MTE, el coeficiente difusivo obtenido a 70 °C ($4,31 \cdot 10^{-14}$ m²/s) aumentó en dos órdenes de magnitud respecto al del MSH, correspondiendo a su vez con un incremento del 51% respecto al valor obtenido para la temperatura de extracción más baja. En conclusión, este estudio permitió convalidar la extracción etanólica de semillas de limón para la recuperación de un material liposoluble, empleando dicho solvente a diferentes temperaturas. El aumento de temperatura mejoró significativamente la eficacia del proceso, reduciendo los tiempos necesarios para alcanzar altos rendimientos y favoreciendo la extracción de compuestos hidrosolubles. Del mismo modo, el modelado matemático permitió cuantificar las fracciones extraídas por mecanismos convectivos y difusivos, evidenciando un incremento en los coeficientes de difusión con la temperatura. En conjunto, estos resultados respaldan el uso del etanol como solvente y aportan información clave para el diseño y eventual escalado de procesos extractivos para la valorización de estos residuos.

Palabras claves: *semillas de limón, etanol, rendimiento de extracción, aceite, modelado, temperatura.*

ACEITES ESPECIALES

EFFECTO DEL HERVIDO PREVIO DEL FRUTO SOBRE LA CALIDAD OXIDATIVA E HIDROLÍTICA DEL ACEITE OBTENIDO DE LA ALMENDRA DEL COCO DEL BUTIÁ (BUTIÁ ODORATA)

María Emilia Arias, Nadia Segura, Nicolás Callejas*

Área Grasas y Aceites, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos(CYTAL), Facultad de Química, Universidad de la República (UDELAR), Montevideo, Uruguay

* Email: ncallejas@fq.edu.uy

El género Butiá es un grupo de palmeras que se encuentran dispersas ampliamente por América del Sur, con más de 24 especies identificadas, nativas del sur de Brasil y Uruguay. Dentro de las especies, la palmera *Butiá odorata* conforma en el departamento de Rocha (Uruguay) una comunidad vegetal única para el país y la región, ocupando aproximadamente 70.000 hectáreas.

Estos palmares, además de su gran biodiversidad, están fuertemente ligados a la identidad cultural local. Tradicionalmente, los frutos del butiá se utilizan para la producción de licores y mermeladas, aunque existen otros productos de menor producción como galletitas y rellenos de chocolates.

La pulpa es la parte más aprovechada del fruto debido a la utilización integral del mismo y su creciente demanda comercial. Para la separación de la pulpa del resto del fruto, es necesario un hervido previo que facilita su remoción. De este proceso se obtiene además de la pulpa, la cáscara y el coco. La cáscara es utilizada como fuente de pectinas en la elaboración de mermeladas. En contraste, el coco (semilla) recibe escasa atención, debido a que son pequeños, duros y difíciles de manipular. El coco contiene en su interior lo que se denomina almendra, y estudios preliminares indican que es una fuente potencial de aceite dado su alto rendimiento (entre 32-54 % en peso de la almendra).

Por lo tanto, el coco es considerado un residuo del procesamiento del fruto del butiá. Su acumulación, representa una contaminación si no se gestiona adecuadamente. En este contexto, la transición hacia un modelo de economía circular se ha propuesto como una alternativa al modelo convencional. Frente a este modelo, se promueve la revalorización de los residuos para generar nuevas materias primas que pueden convertirse en bioenergía, biomateriales o nuevos ingredientes para el desarrollo de alimentos funcionales o nutraceuticos, con mayor valor agregado.

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar si el proceso de hervido del fruto del butiá (cocción con agua a ebullición durante 30 minutos) influyó en las características de calidad hidrolítica y oxidativa del aceite obtenido por extracción mecánica de la almendra del coco del butiá. Los frutos del butiá fueron extraídos de palmares ubicados en el departamento de Rocha (km 270). Se compararon los cocos obtenidos de los frutos procesados sin hervido (SH) y con hervido (H). Las almendras se removieron del coco en forma manual previa ruptura de este y a continuación se obtuvo

el aceite de la almendra del butiá por extracción mecánica utilizando una prensa de tornillos eléctrica (1200 W).

Los análisis fisicoquímicos que se les realizaron a los aceites obtenidos fueron la determinación de la acidez libre mediante el método COI/T.20/Doc. n°34, el valor de peróxidos mediante el método COI/T.20/Doc. n°35 y los coeficientes de extinción específica (K₂₃₂ y K₂₆₈) mediante el método COI/T.20/Doc. n°19. También se analizó la composición en ácidos grasos previa derivatización a sus ésteres metílicos correspondientes de acuerdo al método AOCS Ce 2-66. Se utilizó un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2010 equipado con FID y una columna capilar SUPELCO SP-2560 (100m x 0.25mm x 0.20 µm).

Los rendimientos de extracción mecánica dieron muy diferentes entre sí, con el coco H el rendimiento obtenido fue de 36 %, en cambio con el SH fue de apenas un 7 %. Esto indica que el proceso de hervido influyó significativamente en la mejora de extracción mecánica del aceite contenido en la almendra, siendo este un aspecto de especial consideración.

En cuanto a la composición en ácidos grasos, ambos aceites mostraron composición similar. Se observó un predominio de ácidos grasos de cadena corta (fundamentalmente ácido caprílico y cáprico), media (principalmente ácido láurico) y larga (mayormente ácido oleico, O) con contenidos promedios de 13, 14, 34 y 19 %, respectivamente.

A la hora de analizar los parámetros fisicoquímicos mencionados, la acidez libre de los aceites de almendra obtenidos se encontró entre 0.30-0.50 %, el valor de peróxidos entre 1-3 meq O₂/kg, mientras que, en el caso de los coeficientes de extinción, la K₂₃₂ entre 1.20-1.30 y la K₂₆₈ entre 0.055-0.065. El proceso de hervido mostró una marcada influencia en estos parámetros, obteniéndose en el aceite de almendra obtenido del coco H mayores valores en todos los parámetros con respecto al obtenido del coco SH.

Dado que el aceite de almendra del coco del butiá es un aceite especial y novedoso con pocos antecedentes. Si se considera la reglamentación vigente (Reglamento Bromatológico Nacional), que establece cierto límite máximo de acidez y peróxidos para un aceite virgen, se observó en los aceites extraídos un bajo deterioro tanto hidrolítico como oxidativo, cumpliendo con los parámetros analizados.

El presente estudio evidenció que el proceso de hervido previo del fruto del butiá tiene un impacto significativo tanto en la eficiencia de extracción como en la calidad fisicoquímica del aceite obtenido de la almendra del coco del butiá. Los resultados evidencian el potencial del coco del butiá, considerado hasta ahora como residuo, como una fuente potencial de aceite vegetal con propiedades prometedoras. De esta forma, se avanza hacia un modelo de economía circular, revalorizando subproductos y promoviendo el desarrollo sostenible en torno a los palmares de Butiá, patrimonio natural y cultural del Uruguay.

Palabras clave: *butiá, calidad, aceites novedosos.*

ACEITES ESPECIALES

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL Y MODELADO DE LA CINÉTICA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE LIMÓN EMPLEANDO ETANOL

A. Benestante^{1, 2}, E. Baümler^{1, 2} y M.E. Carrín^{1, 2*}

¹ Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI), CONICET-UNS, Argentina

² Departamento de Ingeniería Química (DIQ), UNS, Argentina

* E-mail: mcarrin@plapiqui.edu.ar

En la industria alimentaria, la revalorización de corrientes residuales que destacan por sus altos contenidos de aceite ha impulsado la necesidad de evaluar su procesamiento para la recuperación de dicho material. Específicamente, las semillas de limón (SL), actualmente consideradas un residuo de la industrialización de esta fruta, destacan como matrices potenciales para dicho fin. Por otro lado, la extracción industrial de aceites con solventes utiliza hexanos, una mezcla de isómeros proveniente de fuentes no renovables aunque con una alta afinidad por los compuestos lipídicos. En ese sentido, el etanol se ha posicionado en los últimos años como un solvente “verde” con capacidades semejantes para la extracción de aceite de diversas matrices vegetales. No obstante, el escalado y la evaluación técnico-económica de nuevos procesos extractivos requiere del conocimiento de variables claves para la puesta en valor de matrices potenciales, las cuales pueden estimarse a partir del modelado de dichos procesos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la extracción por solvente de SL empleando etanol, obtener los parámetros cinéticos correspondientes por medio de su modelado matemático y comparar el desempeño de etanol frente a hexanos. Las semillas fueron preacondicionadas a 80 ± 2 °C hasta una humedad final de $9,57 \pm 0,11\%$ en base seca y molidas. Luego, las SL molidas se sometieron a extracción batch a 60 °C, usando una relación sólido:solvente de 1:10 g/ml a diferentes tiempos de contacto (2-480 min). Cabe mencionar que la humedad y temperatura de preacondicionado fueron previamente optimizadas (maximizando los rendimientos de extracción de compuestos junto a la reducción de los tiempos de acondicionado), la temperatura de extracción empleada se asemeja a la utilizada industrialmente en la extracción convencional y la proporción sólido:solvente fue seleccionada para evitar la restricción de volumen de la miscela para el posterior modelado. La extracción fue llevada a cabo con etanol azeotrópico de grado alimenticio (96%, p.e. 78,4 °C). Transcurrido el tiempo de contacto, la miscela fue filtrada y sometida a una separación líquido-líquido, considerando que el carácter polar del solvente de extracción no solo remueve compuestos lipofílicos sino también hidrofílicos. Por ello, se realizaron enjuagues secuenciales con hexanos para obtener el material soluble en una fase rica en el mismo (MSH), considerado aceite por analogía con el material obtenido en la extracción convencional; y otra fase con el material que no logró solubilizarse en la anterior (MIH). Por ende, el material total extraído (MTE) resultó de la suma de MSH y MIH. El rendimiento de extracción a cada tiempo de contacto, tanto para MSH como

para MTE, fue expresado en % g/g SL en base seca ($n \geq 2$). Los rendimientos adimensionalizados con la condición de equilibrio fueron modelados en el tiempo mediante la ecuación de difusión de Fick. Todos los resultados fueron comparados frente a aquellos obtenidos en un trabajo previo empleando hexanos. No se encontraron diferencias significativas entre los rendimientos de extracción de MSH desde los 5 min, alcanzando el valor máximo de $12,67 \pm 1,42\%$. El modelado matemático de los datos experimentales indicó que el 83% del MSH fue recuperado por un mecanismo de transferencia de masa no difusivo (lavado de la superficie). Asimismo, este valor estimado con la ecuación de difusión coincide con el rendimiento obtenido para el tiempo de 2 min. El comportamiento general se condice con el observado, en un trabajo previo, en el modelado de la cinética con hexanos, donde incluso se encontró un valor similar para el valor adimensionalizado del rendimiento de aceite extraído por lavado (88%). Sin embargo, el rendimiento obtenido con etanol, en términos absolutos, fue un 49% menor. El ajuste del modelo reportó un coeficiente de difusividad efectiva para la cinética de MSH de $6,85 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2/\text{s}$, siendo este dos órdenes de magnitud más chico al valor reportado para hexanos, lo cual estaría principalmente asociado a la menor solubilidad de los compuestos hidrofóbicos en el solvente etanólico frente al convencional. Por otra parte, se apreció que conforme avanzó el tiempo de extracción, el rendimiento de extracción del MTE fue aumentando, hasta alcanzar el valor máximo a los 480 min ($21,18 \pm 1,63\%$). De la misma manera, se observó que el porcentaje de MSH en MTE fue disminuyendo desde aproximadamente 80% hasta 66% (para 2 y 480 min, respectivamente), directamente relacionado con la remoción de compuestos hidrosolubles de las SL que fueron recuperados en el MIH. Mediante el análisis del modelado matemático del MTE, se apreció que el material recuperado por lavado fue del 71%, cuyo valor también fue similar al rendimiento de extracción a los 2 min. Considerando el coeficiente difusivo correspondiente a estos valores ($2,85 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$), se encontró un aumento en dos órdenes de magnitud para dicho parámetro respecto al del MSH. En conclusión, este estudio destaca el empleo del etanol para la extracción de un material liposoluble a partir de un residuo de la industria citrícola, como lo son las semillas de limón. Además, es importante resaltar la posibilidad de recuperar este material en tiempos de extracción cortos, cercanos a los 5 min. La extracción simultánea de un material hidrosoluble permitiría la remoción de compuestos de potencial interés, lo que pretende contribuir a la posible valorización de esta matriz. Del mismo modo, el modelado matemático del proceso extractivo brinda información fundamental sobre los mecanismos de extracción, que podría ser utilizada para promover la evaluación de alternativas que impulsen el aumento de escala de dicho proceso.

Palabras claves: *semillas de limón, etanol, rendimiento de extracción, aceite, cinética, modelado.*

ACEITES ESPECIALES

EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE VEGETAL DE SEMILLAS DE NARANJA

Fiorella Postiglioni Racedo, Natalia gabriela Montalván

fpostiglioni@ledesma.com.ar; nmontalvan@ledesma.com.ar

Resumen

La industria citrícola, motor agroindustrial clave en varias regiones del mundo, genera grandes volúmenes de subproductos durante el procesamiento de fruta. Entre estos, las semillas de naranja (*Citrus × sinensis*, variedad Valencia Late) son frecuentemente descartadas, a pesar de su elevado contenido en compuestos bioactivos y lípidos de interés. Este trabajo, desarrollado en el marco de la tesis de graduación del Máster Internacional en Tecnología de los Alimentos (MITA), aborda su valorización integral mediante la extracción y caracterización de aceite vegetal, en el contexto de una estrategia de upcycling que convierte un residuo agroindustrial en un ingrediente funcional, seguro y de alto valor para múltiples sectores productivos.

Las semillas fueron recuperadas durante la operación industrial de obtención de jugo, separadas manualmente del *core*, lavadas con agua destilada para eliminar restos de pulpa y cáscara, y secadas a 55 °C durante 24 horas en estufa con circulación de aire, reduciendo su humedad inicial (59,5 % b.h.) y preservando su estabilidad. La extracción se realizó por prensado en frío a 40 °C, empleando una prensa eléctrica automática de acero inoxidable 304, con un tiempo de operación de 15 minutos por lote y presión estimada suficiente para liberar el aceite sin dañar compuestos sensibles. El aceite crudo fue clarificado por centrifugación (3000 rpm, 10 min) y almacenado a 4 °C en frascos ámbar hasta su análisis.

El rendimiento promedio fue de 25,6 % respecto a semillas secas, valor competitivo frente a otras semillas oleaginosas no convencionales.

Para caracterizar el aceite se aplicaron métodos normalizados: ISO 660:2020 (índice de acidez), IRAM 5551:2015 (índice de peróxidos), IRAM 5575:2007 (índice de yodo y de saponificación), determinación de densidad a 25 °C, HPLC-UV para vitamina E y cromatografía gaseosa para el perfil de ácidos grasos.

Los resultados fisicoquímicos confirmaron un producto de alta calidad:

- Índice de acidez: 0,28 mg KOH/g → bajo nivel de hidrólisis, sabor neutro y buena estabilidad.
- Índice de peróxidos: 2,9 meq O₂/kg → excelente frescura y resistencia a la oxidación primaria.
- Índice de yodo: 96,4 → nivel medio-alto de insaturación, favorece fluidez y valor nutricional.
- Índice de saponificación: 195,4 mg KOH/g → compatible con emulsiones y usos cosméticos.
- Densidad: 0,912 g/cm³ → típica de aceites comestibles de alta calidad.
- Vitamina E (α-tocoferol): 6,5 mg/100 g → antioxidante natural que contribuye a la salud cardiovascular, protección cutánea y estabilidad del producto.

El perfil lipídico mostró:

- Ácido linoleico (35,7 %) – Omega-6 esencial, beneficios para piel, metabolismo e inmunidad.
- Ácido oleico (28,0 %) – Omega-9, aporta estabilidad oxidativa y beneficios cardioprotectores.
- Ácido palmítico (26,6 %) – Mejora resistencia térmica, ideal para panificados y frituras.
- Ácido esteárico (4,7 %) y linolénico (3,8 %) – Complementan estabilidad y perfil saludable.

En inocuidad, se obtuvo ausencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*, recuento de hongos y levaduras ≤ 10 UFC/g, y niveles de metales pesados dentro de normas internacionales (plomo $< 0,175$ mg/kg; mercurio $0,197$ mg/kg; arsénico no detectado).

Comparación con aceites convencionales: frente a girasol, maíz y oliva, este aceite presenta un equilibrio único: más ácido palmítico (mayor estabilidad térmica), buen contenido de monoinsaturados y un aporte significativo de vitamina E, sin necesidad de refinado químico.

Aplicaciones potenciales:

- Alimentaria: formulaciones “clean label” en snacks, panificados, aderezos y alimentos funcionales.
- Cosmética y biocosmética: cremas, aceites corporales, protectores solares y fórmulas antiage, aprovechando su perfil antioxidante e hidratante.
- Nutracéutica: suplementos ricos en omega-6, omega-9 y vitamina E.
- Farmacéutica: excipiente oleoso, portador lipofílico de principios activos y base para cápsulas blandas.

El upcycling de semillas de naranja en aceite de alto valor es una solución alineada con la economía circular, que reduce desperdicios, diversifica la matriz de ingredientes funcionales y fortalece la competitividad del sector citrícola. Este trabajo demuestra que un subproducto tradicionalmente desaprovechado puede transformarse, mediante procesos limpios y escalables, en un verdadero “oro vegetal” con proyección global.

Palabras clave: *Aceite vegetal; Semillas de naranja; Upcycling; Ingredientes funcionales; Cosmética; Nutracéutica; Industria alimentaria; Subproductos agroindustriales; Economía circular.*

ACEITES ESPECIALES

MICROENCAPSULACIÓN DE ACEITE DE CHÍA EMPLEANDO COMBINACIÓN DE BIOPOLÍMEROS COMO MATERIAL DE PARED

Paola A. Gimenez^{ab}, Gabriela N. Barrera^{bc}, Ma. Gabriela Bordón^{bc}, Pablo D. Ribotta^{bc}, Marcela L. Martínez^{bd} y Agustín González^{ae}.

^a Instituto de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Procesos y Química Aplicada (IPQA, CONICET-UNC), Córdoba, Arg.

^b Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (ICTA, FCEPyN, UNC), Córdoba, Arg.

^c Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC, CONICET-UNC), Córdoba, Arg.

^d Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV, CONICET-UNC), Córdoba, Arg.

^e Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba (FCQ, UNC), Córdoba, Arg.

Resumen: Los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados presentan diversos beneficios a la salud, entre ellos, reducen el riesgo de contraer enfermedades crónicas no transmisibles [1]. El aceite extraído de las semillas de chía contiene entre un 60-70% de ácido alfa-linolénico, posicionando a esta semilla como una de las principales fuentes vegetales de ácidos grasos omega-3[2,3]. Sin embargo, su baja estabilidad oxidativa restringe su aplicación en alimentos procesados. La microencapsulación en matrices poliméricas es una estrategia eficaz para incrementar la vida útil de estos aceites y facilitar su incorporación en alimentos [4,5]. El aislado proteico de soja, ha sido ampliamente estudiado, no obstante, es necesario desarrollar matrices que proporcionen un mayor efecto protector[6,7]. En este sentido la combinación de biopolímeros permite la obtención de microcápsulas(MC) capaces de preservar el aceite por un mayor tiempo. En el presente estudio, se elaboraron MC con un contenido de sólidos del 8% p/v empleando distintas proporciones de aislado proteico de soja (APS), aislado proteico de arveja (APA) y galactomananos extraídos de las semillas de *Gleditsia triacanthos* (GLE) [8]. Se prepararon suspensiones de APS+APA, APS+GLE y APS+APA+GLE mediante agitación durante 24 h. Además, las muestras de APS+GLE fueron sometidas a un tratamiento térmico (80 °C, 2 h) para inducir reacciones de Maillard[9]. Posteriormente, se obtuvieron emulsiones mediante homogeneización de alta velocidad (18000rpm, 15 min) con una proporción 2:1 material de pared/aceite, las cuales fueron deshidratadas mediante secado por aspersión bajo condiciones preestablecidas. Se determinó el contenido de humedad y la actividad de agua obteniendo valores entre 2,6-4,8% (b.h.) y 0,15-0,31 respectivamente. Estos valores son adecuados para polvos en la industria, ya que inhiben el crecimiento microbiano y limitan la oxidación lipídica. La estabilidad oxidativa de las MC se evaluó en condiciones aceleradas mediante el método Rancimat, obteniéndose tiempos de inducción (TI) comprendidos entre 7,52 y 29,59 h. Además, se calculó el factor de protección (FP) definido como la relación entre el TI de las MC y el TI del aceite sin encapsular. Los mejores resultados fueron los siguientes: APS_{7,5%}+GLE_{0,5%} (8,61 h; FP:3,34), APS_{2%}+APA_{6%} (26,15 h; FP:10,14) y APS_{2%}+APA_{6%}+GLE_{0,25%} (29,59 h; FP:11,43). Adicionalmente se llevó a cabo un ensayo de estabilidad en el tiempo,

para lo cual las MC se colocaron en frascos color caramelo en una cámara con temperatura controlada (25 °C) durante 180 días. Se tomaron muestras cada 30 días para evaluar la calidad del aceite encapsulado mediante Rancimat, composición de ácidos grasos (CAG) e índice de hidroperóxidos (IP) [10]. Al finalizar el ensayo, las formulaciones $APS_{2\%}+APA_{6\%}$ y $APS_{2\%}+APA_{6\%}+GLE_{0,25\%}$ presentaron los mejores resultados, manteniendo el contenido de omega-3 y con TI de 6,98 y 5,70 h, respectivamente frente a un TI de 0,03 h para el aceite libre. Es importante destacar que estas MC protegieron al aceite de chía hasta los 120 días de almacenamiento, mientras que el aceite sin encapsular superó los 10 meq de O_2 /kg de aceite en aproximadamente 60 días. Estos resultados evidencian un efecto protector significativo de los sistemas de vehiculización desarrollados sobre el aceite. Las microcápsulas obtenidas en este estudio podrían ser incorporadas en alimentos, contribuyendo a la mejora de la calidad nutricional y aportando beneficios para la salud de los consumidores.

Palabras clave: *microencapsulación, aceite de chía, proteína de soja, proteína de arveja, galactomanano.*

Referencias

- [1] R.A. Racine, R.J. Deckelbaum, Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care 10 (2007) 123–128.
- [2] V.Y. Ixtaina, M.L. Martínez, V. Spotorno, C.M. Mateo, D.M. Maestri, B.W.K. Diehl, S.M. Nolasco, M.C. Tomás, J. Food Compos. Anal. 24 (2011) 166–174.
- [3] M.D. Sosa, L.M. Magallanes, N.R. Grosso, M. del C. Pramparo, M.F. Gayol, Ind. Crops Prod. 154 (2020).
- [4] P.A. Gimenez, A.E. Bergesse, A.L. Mas, M.L. Martínez, A. González, J. Sci. Food Agric. 103 (2023) 7560–7568.
- [5] V.Y. Ixtaina, L.M. Julio, J.R. Wagner, S.M. Nolasco, M.C. Tomás, Powder Technol. 271 (2015) 26–34.
- [6] P.A. Gimenez, A. Lucini Mas, P.D. Ribotta, M.L. Martínez, A. González, Foods 12 (2023) 3833.
- [7] A.C. Alavarse, E.C.G. Frachini, R.L.C.G. da Silva, V.H. Lima, A. Shavandi, D.F.S. Petri, Int. J. Biol. Macromol. 202 (2022) 558–596.
- [8] A. González, G.N. Barrera, P.I. Galimberti, P.D. Ribotta, C.I. Alvarez Igarzabal, Food Hydrocoll. 97 (2019) 105227.
- [9] C.N. Copado, B.W.K. Diehl, V.Y. Ixtaina, M.C. Tomás, Lwt 86 (2017) 408–417.
- [10] AOCS, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society., fifth ed., AOCS Press, Champaign, IL, USA, 2009.

ACEITES ESPECIALES

OBTENCIÓN SUSTENTABLE DE ACEITE DE PESCADO DE RÍO A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA PESQUERA DEL LITORAL ARGENTINO.

Daniela Lamas¹, Carolina Gerstner^{2*}, Camila Orsatti³, Matías Santana⁴, Valentina Naretto², María Cristina Perotti⁵, MaríaRosa Sanchez Rossi⁶, Sandra Canale⁶, Ayelen Velez⁵, Juliana Sain^{2,7}, Claudio Bernal^{2,7}

¹ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), CONICET, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

² Cátedra de Bromatología y Nutrición. Fac. de Bioquímica y Cs. Biológicas. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina

³ OmegaSur S.A. Mar del Plata. Argentina

⁴ BioFish S.A. Paraná. Argentina.

⁵ Instituto de Lactología Industrial (INLAIN), CONICET. Santa Fe. Argentina

⁶ Fac.de Cs. Económicas. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina.

⁷ CONICET. Santa Fe. Argentina

* cgerstner@fbcb.unl.edu.ar

En la cuenca del Paraná, el sábalo (*Prochilodus lineatus*) es la especie con mayor biomasa, representando 75-85 % de las capturas de las pesquerías artesanales, mientras que la boga (*Megaleporinus obtusidens*) aunque en menor proporción su aporte es muy considerable. Dependiendo del tratamiento industrial al que sea sometida la captura de cada especie, durante su transformación se genera una importante cantidad de residuos, como cabezas, espinas, vísceras, pieles, que pueden representar aproximadamente el 30% del peso del pescado capturado. Estos residuos son una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados de la familia n-3 (PUFAs, n-3) de cadena larga entre los que se destacan los ácidos eicosapentaenoico (EPA; C20:5, n-3), docosapentaenoico (DPA; C22:5, n-3) y docosahexaenoico (DHA; C22:6, n-3). Estos ácidos grasos (FA), escasos en la dieta occidental, cumplen un rol central en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles que sufre esta población. Los métodos tradicionales de extracción de aceites ricos en PUFAs, producen degradación de los mismos ya que son altamente termolábiles, además de que utilizan productos químicos que ocasionan contaminación en el medio ambiente. Por ello, se han investigado métodos alternativos con el objeto de aumentar el rendimiento y utilizar tecnologías verdes.

El objetivo de este trabajo fue aplicar el proceso de hidrólisis enzimática para extraer el aceite de los residuos de sábalo y boga (proporción 14/86), y evaluar el rendimiento del proceso y la calidad de los aceites extraídos respecto de su composición nutricional y sus características fisicoquímicas.

Los residuos fueron provistos por la empresa BioFish S.A. (Paraná, Entre Ríos) y el proceso de extracción fue realizado en las instalaciones de la Empresa Omegasur S.A. (Parque Industrial Savio, Mar del Plata, Pcia. de Buenos Aires). Para ello, el residuo picado, molido y mezclado, ingresó al reactor (1000 kg de capacidad) a temperatura ambiente, y una vez alcanzado los 65°C, se adicionó la

enzima Purazyme A.S.(60L, 1% p/p respecto al sustrato) y se mantuvo durante 45 minutos a pH 7,5. La reacción fue finalizada calentando la mezcla a 85°C durante 10 minutos. Luego se procedió a filtrar y centrifugar el producto separándose el aceite bruto.

El rendimiento del proceso de hidrólisis para la obtención del aceite crudo fue: 36,4% (p/p). La caracterización del aceite crudo mostró: acidez: 7,18 g ácido oleico/ 100 g, fosfátidos: 1,1%, índice de peróxidos (IP): 0,48 mEq O₂/Kg de aceite.

Posteriormente, una alícuota del aceite fue desgomado con PO₄H₃, neutralizado con NaOH, blanqueado con tierras de diatomeas y filtrado en el laboratorio del INIDEP (Mar del Plata). La evaluación de diferentes parámetros indicadores de la calidad del producto final obtenido arrojó los siguientes resultados: densidad: 0,922 g/ml; índice de saponificación: 233 mg KOH/g; acidez: 6,24 g ácido oleico/ 100 g; IP: 1,33 mEq O₂/Kg de aceite; índice de anisidina: 4,79; índice de iodo: 78 g I₂/100 g; dienos conjugados: 7,82 (A_{λ234}/(g/100 mL)) y trienos conjugados: 1,43 (A_{λ270}/(g/100 mL)). El perfil de FA (%) mostró un contenido de EPA: 2,51, DPA: 1,26 y DHA: 3,40, ΣLC-PUFA n-3: 7,17, relación FA insaturados (UFA)/ FA saturados (SFA): 2,00, relación PUFA/ SFA: 0,51, relación PUFA n-3/ PUFA n-6: 1,36, Índice de Aterogenicidad: 0,46 e Índice de Trombogenicidad: 0,51.

Estos resultados preliminares sugieren que es viable obtener aceites de pescado de río con un aceptable contenido de ácidos grasos omega 3 y valor nutricional, como una alternativa para la valorización de dichos residuos, otorgándole valor agregado, contribuyendo al mismo tiempo con el medio ambiente y la sustentabilidad de la cadena pesquera de la cuenca del Paraná. Estudios posteriores permitirán avanzar sobre la desodorización y optimización de la obtención del aceite de pescado de río.

Proyecto Financiado por Fondos "UNL – Santa Fe Proyectos CTI en Red". #02. Dec N°2024-00002731.ASaCTeI – UNL.

Palabras clave: *Hidrolisis enzimática, metodología sustentable y eco-amigable, Sábalo, Boga, PUFA n-3.*

ACEITES ESPECIALES

RECOVERY OF LIPIDS FROM BRAZIL NUT PRESS CAKE USING β - CARYOPHYLLENE-BASED EUTECTIC SOLVENTS ASSOCIATED WITH ETHANOL AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE

Clara Lelis P. Chaves^{1*}, Tiago C. Barreto¹, Patrícia T. de Souza¹, Dhayna O. Sobral¹, Ramon S. B. Ferreira^{1,2}, Eduardo A. C. Batista¹, Guilherme J. Maximo¹.

¹ EXTRAE - Laboratory of Extraction, Applied Thermodynamics and Equilibrium, Faculty of Food Engineering, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 80 Monteiro Lobato St., 13083-862, Campinas, São Paulo, Brazil.

² CCSST – Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), University St, 65915-240, Imperatriz, Maranhão, Brazil

The Brazil nut (*Bertholletia excelsa* HBK), native to the Amazon Rainforest, is highly valued for its nutritional quality and economic importance to Norte region in Brazil. With around 70% lipids, one of its main by-products is oil, typically obtained by cold pressing. This process produces a semi-defatted press cake as a residue, containing approximately 45% lipids, including important nutraceuticals such as tocopherols and phytosterols that can be recovered using solvents. Natural Deep Eutectic Solvents (NADES) based on terpenes have been studied as sustainable alternative for extracting hydrophobic compounds like lipids. This study aimed to evaluate, through thermodynamic computational simulation, the potential of β -caryophyllene based solvents combined with ethanol to extract lipids, comparing with experimental results. The screening was conducted using the COSMO-SAC model (Conductor-like Screening Model – Segment Activity Coefficient) to calculate sigma profiles and activity coefficients at infinite dilution for the triacylglycerols POLi and OOLi, and minor lipids β -sitosterol and γ -tocopherol, which are predominant in the lipid fraction of the Brazil nut oil. The solvent used was β -caryophyllene combined with acetic acid in molar ratios from 4:1 to 1:4, associated with 95 mol% ethanol at a temperature of 60°C. The best combination of HBA:HBD observed in the simulation was used for experimental extraction of lipids from residual Brazil nut press-cake. Extraction was carried out in shaker equipment with a solid:solvent ratio of 1:4, 200 rpm, 60°C and 4 h, according to literature. Extracts were quantified for total lipids content (Am 5-04 AOCS), fatty acid profile (CE1-62 AOCS), total phytosterol content, total tocopherol content and FTIR according to literature. The defatted solids were analyzed for their morphology before and after extraction by Scanning Electron Microscopy (SEM). The results were compared to pure ethanol. The computational simulation showed that the eutectic solvents are good co-solvents with ethanol, exhibiting strong interactions with the evaluated lipids and predicted extraction capabilities close to pure ethanol. For lipid extraction from the press cake, the results were satisfactory and corroborate with the initial screening, showing extraction yield results superior to pure ethanol. This is due to the dual action

of the solvent: the acidic component of the eutectic system aids in the hydrolysis of cellulosic tissue and/or the denaturation of the protein network, while the solvent system acts in lipid solubilization, promoting a more efficient removal of newly exposed lipids after matrix de-structuring. Because of the good permeability of the solvent in the matrix, FTIR analyses showed that they have a homogeneous chemical composition, predominantly characterized by the presence of polysaccharides, notably cellulose, and aliphatic components. The fatty acid profile showed a small variation according to the ratio of HBA and HBD in the solvent, with the presence of palmitic, stearic, oleic, and linoleic fatty acids, which are predominant in the lipid fraction of Brazil nut. The content of total phytosterols and tocopherols was satisfactory, showing that the association with ethanol at up to 95 mol% (ethanol fraction) increased the solute-solvent affinity and the extraction capacity. It's possible to obtain results superior to those of extraction with pure ethanol in a single batch, indicating that NADES can enhance extraction efficiency when associated with ethanol, offering a green alternative to traditional organic solvents.

Financial Support: CAPES (001), FAPESP (2014/21252-0, and 2022/10368-4), UNICAMP (519.287 2475/23).

Area temática: Sustentabilidad; Aceites especiales

Keywords: *Green solvents; Terpenes; Hydrophobic interaction; Residues; Lipid Bio compounds.*

APLICACIONES EN ALIMENTOS

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y TECNO-FUNCIONAL DE HARINA DE MEZQUITE Y SU APLICACIÓN EN PRODUCTOS EXTRUIDOS CON HARINA DE MANÍ

Camilo A. Carriac Tesoniero^{a,1}, Agustina Giorda^{a,2}, Romina M. Bodoira^{b,c,3}, Patricia Montoya^{b,4}, Damián M. Maestri^{a,b,d,5}, Pablo D. Ribotta^{a,b,c,6}, Peter Felker^{e,7}, Ma. Gabriela Bordón^{b,c,8}, Marcela L. Martínez^{a,b,e,9}

^a Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Universidad Nacional de Córdoba (FCEFYN, UNC), Córdoba, Argentina

^b Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (ICTA, FCEFYN, UNC), Córdoba, Argentina.

^c Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC, CONICET-UNC), Córdoba, Argentina.

^d Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV, CONICET-UNC), Córdoba, Argentina.

^e Casa de Mesquite, 2538 Av. Leopoldo Lugones, Santiago del Estero, Argentina.

E-mail: ¹ camilo_cariac@mi.unc.edu.ar; ² agustina.giorda@mi.unc.edu.ar; ³ romina.bodoira@mi.unc.edu.ar;

⁴ pmontoya@unc.edu.ar; ⁵ dmaestri@unc.edu.ar; ⁶ pribotta@agro.unc.edu.ar; ⁷ pfelker@casademesquite.com;

⁸ maria.gabriela.bordon@mi.unc.edu.ar; ⁹ marcela.martinez@unc.edu.ar

Resumen

En un contexto donde la alimentación adquiere un rol cada vez más vinculado a la salud, han surgido nuevas exigencias por parte de los consumidores que impulsan el desarrollo de alimentos funcionales [1, 2]. Esta tendencia ha favorecido la revalorización de especies olvidadas y subutilizadas (NUS), como el algarrobo, cuyo fruto —la vaina— representa una alternativa productiva de bajo impacto ambiental, con alto valor nutricional y potencial para fortalecer economías regionales [3]. En Argentina, el género *Prosopis* cuenta con numerosas especies, entre ellas el *Prosopis alba*, cuya harina de mezquite, obtenida del mesocarpio de la vaina, se destaca por su aporte de fibra, minerales, compuestos antioxidantes y su carácter libre de gluten [4]. A pesar de su uso ancestral, esta harina es aún poco explotada industrialmente, pero representa una opción valiosa para el desarrollo de nuevos productos que busquen mejorar su perfil nutricional y funcional [5]. En función de lo anteriormente expuesto, se planteó como objetivo la caracterización de las propiedades físico-químicas y tecno-funcionales de la harina de mezquite, elaborada por la empresa *Casa de Mesquite*. Adicionalmente, se evaluó su aplicación en el desarrollo de un producto extruido, formulado mediante su combinación con harinas de maíz y maní, con el fin de analizar su viabilidad tecnológica y funcional en matrices alimentarias complejas. La inclusión de harina de maní respondió a criterios de disponibilidad regional —al tratarse de un producto agroindustrial de origen local, específicamente de la provincia de Córdoba— y a su composición nutricional, destacada por su alto contenido de lípidos y proteínas, lo cual la convierte en un ingrediente funcionalmente relevante dentro del diseño de alimentos extruidos. En primer lugar, se determinó la composición proximal de la harina de mezquite, obteniéndose los siguientes

valores: 4,86 % de humedad (b.s.), 10,03 % de proteínas totales (b.s.), 1,81% de lípidos totales (b.s.), 3,56 % de cenizas totales (b.s.) y 79,74 % de carbohidratos totales (b.s.). Asimismo, se cuantificaron los azúcares reductores y compuestos fenólicos totales, registrándose valores de 125 mg de malto-sa/100 g de harina (b.h.) y 2190,29 mg equivalentes de ácido gálico/100 g de harina (b.s.), respectivamente. Estos últimos se asocian con diversas funciones bioactivas, como actividad antioxidante, antiinflamatoria, antiplaquetaria, anticancerígena, hipoglucemiante y neuroprotectora, confiriéndole un papel relevante en la formulación de alimentos funcionales [6]. También se caracterizaron sus propiedades físicas y tecno-funcionales —como la distribución de tamaño de partícula, fluidez, color, actividad de agua, y capacidades de retención de agua y aceite, entre otras—, obteniéndose resultados satisfactorios. Respecto a los productos extruidos, se evaluó el grado de expansión (GE) y la densidad. Se elaboraron mezclas de harina de maíz, mezquite y maní en proporciones 65-15-20 y 75-15-10, respectivamente, las cuales fueron procesadas mediante extrusión, una tecnología versátil, eficiente y de bajo costo. Igualmente, se evaluó la composición proximal de las mezclas 65-15-20 y 75-15-10. En la primera se determinaron: 4,32 % de humedad (b.s.), 11,80 % de proteínas (b.s.), 9,24 % de lípidos (b.s.), 1,72 % de cenizas (b.s.) y 72,92 % de carbohidratos (b.s.); mientras que, en la segunda, los valores obtenidos fueron: 5,23 % de humedad (b.s.), 10,13 % de proteínas (b.s.), 6,92 % de lípidos (b.s.), 1,75 % de cenizas (b.s.) y 75,97 % de carbohidratos (b.s.). Para la mezcla 65-15-20, se registró un GE de 1,453 y una densidad de 1,02 g/cm³; en tanto que para la mezcla 75-15-10, el GE fue de 1,446 y la densidad de 0,99 g/cm³. Se realizaron además degustaciones preliminares, observándose una aceptación favorable por parte de los evaluadores. Los resultados evidencian el potencial de la harina de mezquite como ingrediente funcional en productos extruidos, especialmente al combinarse con harinas de maíz y maní que compensan su bajo contenido de almidón, proteínas y lípidos.

Agradecemos a CONICET, ANPCyT, SECyT – UNC por el apoyo económico proporcionado.

Palabras clave: harina de mezquite, alimentos funcionales, compuestos bioactivos, extrusión, especies subutilizadas (NUS), harina de maní.

Referencias

- [1] Arias Escobar, J., Quispe Capajaña, M., Arcata-Maquera, E. J. (2024). *Perspectivas en el desarrollo y consumo de alimentos funcionales y su promoción en la salud: Una revisión de alcance*. Ingeniería investiga, 6(00). Facultad de Ingeniería y de Procesos Industriales, Universidad Nacional de Juliaca, Puno, Perú.
- [2] Bigne, F. (2016). *Aplicación de harina de fruto de algarrobo en el desarrollo de productos panificados saludables*. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.
- [3] Arias Toledo, B., Cittadini M. J., Garelo, M. J., Santoro F. R., Battistón L.(2023). *Determinantes nutricionales, sociales e impacto potencial del uso alimenticio de las algarrobos (Neltumaspp. ex Prosopis) en poblaciones urbanas y neorrurales de Córdoba*. Boletín De La Sociedad Argentina De Botánica 58 (2).
- [4] Casa de mesquite. (s.f.). *Aboutus*. Recuperado de:
- [5] Puppo, M. C., Felker, P. (2022). *Prosopis as a heat-tolerant nitrogen-fixing desert food legume: Prospects for Economic Development in Arid Lands*. AcademicPress.

APLICACIONES EN ALIMENTOS

CASCARILLA DE SOJA: UN SUBPRODUCTO CON POTENCIAL COMO FUENTE DE ANTIOXIDANTES NATURALES UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE SCONES

Ignacio Vieitez, Carol González, Agustina Sansone, Inés Franchi, Camila Bernaola, Agustina Larrea, Victoria Olt, Melissa Romero, Maximiliano Kiazev, Cecilia Dauber, Bruno Irigaray.

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, Universidad de la República (UdelaR), Av. General Flores 2124, Montevideo 11800, Uruguay.

La cascarilla de soja (CS), principal subproducto del procesamiento de soja, es una fuente de fibra dietética y compuestos con actividad antioxidante. Con más de 20 millones de toneladas generadas anualmente, es fundamental encontrar formas de aprovecharla y revalorizar.

El objetivo de este estudio fue la caracterización de la CS, y la obtención de compuestos con propiedades antioxidantes utilizando técnicas alineadas con la química verde: extracción asistida por ultrasonido (UAE) y extracción por fluidos presurizados (PLE).

Para las extracciones UAE se utilizó un equipo de escala de laboratorio (Elmasonic P 60 H). En total, se realizaron 15 extracciones siguiendo un diseño experimental basado en la metodología de Box-Behnken de 3 niveles con 3 factores con 3 repeticiones en el punto central, cuyas variables independientes fueron: tiempo de extracción (15 - 30 - 60 minutos), potencia (54 - 108 - 180 watts) y solvente utilizado EtOH/H₂O (50/50 - 75/25 - 100/0) con una relación 50 mg de cascarilla/mL y a una temperatura que se mantuvo constante a 40°C para evitar la degradación de los compuestos termolábiles. Se obtuvo el extracto final mediante rotaevaporación.

Las extracciones PLE se realizaron en un equipo a escala laboratorio (Singularity Extraction Technologies, Brasil). Se realizó un diseño experimental teniendo en cuenta las variables de operación: temperatura (80°C a 140°C) y solvente: mezclas EtOH/H₂O (50/50 - 75/25 - 100/0). Se trabajó con 3 niveles de cada una de ellas para conformar un diseño de tipo Central Compuesto. Se obtuvo el extracto final mediante rotaevaporación.

En los extractos obtenidos se determinó contenido total de compuestos fenólicos utilizando el método Folin-Ciocalteu (Slinkard & Singleton, 1977); el contenido total de flavonoides mediante el método colorimétrico con AlCl₃ (Ho *et al.*, 2012) y la capacidad antioxidante mediante el ensayo de ABTS (Re *et al.*, 1999).

Con los resultados de rendimiento de extracción, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de los extractos se construyeron superficies de respuesta para evaluar la influencia de los diferentes parámetros operativos en estas variables y seleccionar las mejores condiciones de extracción.

Se utilizó el software R (R Core Team, 2020).

Adicionalmente, se realizó la caracterización de los biofenoles en los extractos obtenidos, específicamente del grupo de las isoflavonas, mediante HPLC a 260 nm siguiendo lo establecido por Tian *et al.*, 2004. La cuantificación se realizó mediante la construcción de una curva de calibración utilizando soluciones estándar de ácido sírigo en diferentes concentraciones.

Para la elaboración de los scones se seleccionó el extracto obtenido mediante PLE a 140°C, con 50% de etanol como solvente. Se realizaron 4 tipos diferentes de scones: 1) una muestra control, 2) una muestra con la incorporación de cascarilla de soja, 3) una muestra con la incorporación del extracto de cascarilla de soja y finalmente, 4) una muestra con la incorporación de cascarilla de soja y de extracto.

Se ajustó la cantidad de extracto de manera que alcanzara el nivel de biofenoles presente en una taza de té verde, reconocido por su alto poder antioxidante.

Para todas las formulaciones se determinó el contenido de fenoles totales y se evaluó la capacidad antioxidante *in vitro*.

La CS mostró un alto contenido de fibra ($67,98 \pm 0,68$ %) y bajo contenido de grasa ($1,78 \pm 0,24$ %), con $9,64 \pm 0,09$ % de humedad, $10,56 \pm 0,16$ % de proteínas, $4,41 \pm 0,09$ % de cenizas, 681 ± 98 mg gálico/kg muestra de fenoles totales y capacidad antioxidante de $19,27$ μ mol de Trolox/g muestra.

En las extracciones UAE se obtuvo un mayor rendimiento con 50% EtOH, observándose una correlación positiva con el tiempo de extracción y la potencia. En las extracciones PLE también se obtuvo el mayor rendimiento con 50% EtOH, y se determinó una correlación positiva con la temperatura y negativa con el incremento en el porcentaje de etanol. Para los fenoles totales y la actividad antioxidante, también se determinó una correlación positiva con el aumento de la temperatura y valores de porcentaje de etanol entre 50 y 75%.

Se analizaron todos los extractos obtenidos por UAE y PLE y se seleccionó el obtenido mediante PLE a 140°C, con 50% de etanol como solvente para la incorporación a los scones dado que fue el extracto que presentó un mayor rendimiento (19,97%), mayor contenido de fenoles totales (17,1 mg/g), buena actividad antioxidante (167,6 μ mol/g) y contenido de flavonoides (2,8 mg Q/g).

Los compuestos identificados en mayor proporción, tanto en la cascarilla como en los extractos fueron la diadzina, glicitina, genistina, malonil diadzina, malonil glicitina, acetil diadzina, acetil glicitina, malonil genistina, diadzeina y acetil genistina.

El scone con extracto más CS y el que solo se le agregó extracto no mostraron diferencias significativas en su capacidad antioxidante (35,7 y 36,4 μ mol de Trolox/g muestra, respectivamente). Sin embargo, ambos aumentaron significativamente el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides y la capacidad antioxidante en comparación con el scone control y el que contenía solamente CS. La incorporación de CS directamente en la formulación permitió aumentar por su parte el contenido de fibra del producto, obteniendo un producto que podría catalogarse como “fuente de fibra” según la normativa vigente, lo cual formaba parte de los objetivos buscados.

En conclusión, estos estudios respaldan la valorización de la CS como fuente de antioxidantes naturales y con un gran potencial para su incorporación en alimentos y la reducción de residuos. En general, este estudio contribuye a la base científica para la inclusión de la CS como un nuevo ingrediente alimentario alineado con los ODS 9, 12 y 13.

Palabras clave: subproducto, revalorización, extracciones verdes, antioxidantes.

APLICACIONES EN ALIMENTOS

DESARROLLO DE EMULSIONES GELIFICADAS DE ACEITE DE CHÍA UTILIZANDO ALGINATO Y MUCÍLAGO DE CHÍA COMO ESTABILIZANTES NATURALES

Quintero-Gamero, Greilis^{1*}; Julio, Luciana², Echeverría, Ignacio^{1,3}; Deladino, Lorena^{1,3}; Ixtaina, Vanesa Y. ^{1,4}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CIDCA, CONICET-UNLP-CIC), La Plata (CP1900), Buenos Aires, Argentina.

² Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI) (CONICET-UNSA), Salta (CP4400), Argentina.

³ Facultad de Ciencias Exactas (UNLP), Calle 47 y 116, La Plata (CP1900), Buenos Aires, Argentina.

⁴ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), Calle 60 y 119, La Plata (CP1900), Buenos Aires, Argentina.

* E-mail: greilisquintero@quimica.unlp.edu.ar

La semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) constituye la principal fuente vegetal de ácido α -linolénico (ALA, omega-3), con una concentración que alcanza aproximadamente el 65% del total en su aceite. Además, presenta un elevado contenido de ácidos grasos esenciales (AGEs) (~85% de su perfil lipídico), junto con otros compuestos bioactivos como proteínas de alta calidad, fibra dietética soluble e insoluble y antioxidantes naturales incluyendo γ - y δ -tocoferoles, flavonoles, polifenoles y fitoesteroides (β -sitosterol, escualeno). Esta combinación de compuestos funcionales y bioactivos convierte a la chía en un ingrediente excepcional para el desarrollo de alimentos funcionales. Asimismo, estas semillas presentan la capacidad de liberar mucílago cuando se hidratan en agua, formando geles viscoelásticos que representan aproximadamente el 6-12% del peso seco de la semilla y están compuestos principalmente por fibra soluble. El mucílago de chía exhibe una capacidad de retención de agua de hasta 27 veces su peso, lo que le confiere un destacado potencial como agente espesante, estabilizante y emulsionante en diversas aplicaciones.

La incorporación de aceite de chía, rico en AG omega-3, en matrices alimentarias constituye un desafío tecnológico, orientado a facilitar su consumo y maximizar el aprovechamiento de sus propiedades nutricionales. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar y caracterizar emulsiones O/W con aceite de chía, destinadas a la obtención de emulsiones gelificadas. Para ello, se estudió el efecto de la concentración de aceite de chía (AC) (5 y 10 % p/p), la concentración de alginato de sodio (ALG) (1 y 2 % p/p) y la presencia o ausencia de mucílago de chía (MC) (0 y 0,5% p/p) aplicando un diseño factorial 2³. La preparación de las emulsiones se realizó en tres etapas. Inicialmente, se formó una pre-emulsión a partir de la homogeneización del AC con la fase acuosa conteniendo lecitina de girasol (1 % p/p) y ALG usando un equipo Ultraturrax (17.000 rpm, 2 min). En una segunda etapa, se disminuyó el tamaño de gota mediante un proceso de microfluidización (400 MPa, 3 ciclos). Finalmente, se añadió el MC mediante homogeneización a alta velocidad y tratamiento con

ultrasonido (60 % de amplitud, 2 min). Para inducir la gelificación, se añadió gluconato de calcio (0,1 M) a las emulsiones resultantes bajo agitación constante (1 min) y se mantuvieron en reposo a 4°C durante 72 horas para permitir la formación completa de la red tridimensional del gel. Las emulsiones O/W fueron caracterizadas a partir de su comportamiento de flujo, tamaño de partícula

por difracción estática de luz, análisis de microestructura mediante microscopía confocal de fluorescencia (utilizando FITC y Rojo Nilo como marcadores), potencial Z, pH y estabilidad global mediante análisis óptico de barrido. En el caso de las emulsiones gelificadas, se evaluaron sus propiedades reológicas y texturales.

Todas las emulsiones presentaron un comportamiento pseudoplástico. Se observó un incremento de la viscosidad de los sistemas como resultado de una mayor concentración de AC, mayor concentración de ALG y adición de MC ($p < 0,01$). En cuanto al diámetro medio volumétrico ($D_{4,3}$), se evidenció una disminución de este parámetro a menor concentración de AC, ausencia de MC y concentraciones bajas de ALG ($p < 0,01$). Las imágenes obtenidas por microscopía confocal fueron consistentes con estos resultados. La carga superficial de las gotas fue negativa para todos los sistemas (-75,76 a -56,26 mV). Los valores de pH se encontraron entre 5,81 y 6,55. Los valores más altos se obtuvieron con una menor concentración de AC, una mayor concentración de ALG y en ausencia de MC. La incorporación de MC dio lugar a emulsiones con mayor estabilidad global incluso luego de 24 horas de almacenamiento. Respecto a las emulsiones gelificadas, todas las muestras dentro del rango lineal viscoelástico mostraron características propias de materiales tipo gel, ya que el módulo de almacenamiento (G') fue significativamente superior al módulo de pérdida (G''), es decir, $G' > G''$. La presencia de MC tuvo un efecto notable sobre la textura de estos sistemas. En las muestras sin adición de MC, la matriz de ALG dio lugar a geles autoportantes, y la dureza fue influenciada de forma significativa ($p < 0,05$) por la carga de AC y por la interacción AC*ALG, obteniéndose una mayor dureza a menor concentración de AC en el ensayo de compresión. En contraste, en los sistemas con MC, los geles de emulsión no fueron autoportantes, y la dureza estuvo altamente influenciada ($p < 0,01$) por la concentración de ALG. En este caso, los geles presentaron una mayor dureza a mayor concentración de ALG, según los resultados del ensayo de extrusión inversa. Los resultados evidenciaron que la incorporación de MC en las emulsiones gelificadas influyó significativamente sus propiedades fisicoquímicas, con un impacto notable en sus características texturales. Este hallazgo resalta la capacidad de modular la funcionalidad de estos sistemas mediante la adición de biopolímeros. Las formulaciones sin MC presentan una textura comparable a productos tradicionales como flanes, postres o quesos firmes, mientras que aquellas con MC adquieren una consistencia más cremosa, similar a la de yogures batidos o quesos untables. En este contexto, los sistemas desarrollados muestran un alto potencial para su aplicación en el diseño de alimentos funcionales. Estos podrían ser adecuados para la sustitución parcial de grasas, la reducción del valor energético, así como para el enriquecimiento nutricional al actuar como matrices de liberación controlada de compuestos bioactivos presentes en el aceite de chía.

Palabras clave: *Salvia hispanica L., aceite de chía, mucílago, emulsión, geles, textura.*

APLICACIONES EN ALIMENTOS

DIGESTIÓN IN VITRO DE LIPOSOMAS PREPARADOS CON LECITINAS NATURALES Y ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3

Vélez María Ayelén^{1*}; González Josefina¹, Sponton Osvaldo Ernesto², Perotti María Cristina¹

¹ Instituto de Lactología Industrial (INLAIN-UNL/CONICET). Facultad de Ingeniería Química. Santa Fe, Argentina.

² Instituto de Tecnología de los Alimentos. Facultad de Ingeniería Química (UNL). Santa Fe, Argentina.

* E-mail: mvelez@fiq.unl.edu.ar

El consumo de ciertos ácidos grasos poliinsaturados (PUFA, por sus siglas en inglés) provee beneficios importantes para la salud. Entre los PUFA omega-3 dietarios más abundantes se encuentran los ácidos alfa-linolénico (ALA, C18:3), eicosapentaenoico (EPA, C20:5), y docosahexanoico (DHA, C22:6). En occidente, la población no consume cantidades suficientes de estos biolípidos; es por ello que se ha propuesto como alternativa su agregado en los alimentos. Las bioactividades de los PUFA son de muy corto plazo debido a la degradación que sufren estos compuestos bajo condiciones ambientales y/o durante el procesamiento de alimentos, ocasionando detrimentos en sus propiedades funcionales y perjudicando características organolépticas. Es por ello que se hace necesario vehiculizarlos, siendo una opción el agregado de los mismos protegidos por encapsulación. Los liposomas son vesículas esféricas que pueden utilizarse como sistemas de encapsulación para el transporte y la liberación de PUFA. Estas vesículas se producen generalmente a partir de fosfolípidos purificados; sin embargo, cuanto más purificados estén, mayor es el costo de su producción. El uso de fosfolípidos naturales sin purificar tiene la ventaja de que éstos están disponibles a mayor escala y a un costo relativamente menor. No obstante, se requiere más investigación sobre la estabilidad de los liposomas que emplean fosfolípidos naturales sin purificar. La lecitina de soja está muy disponible debido a la prevalencia del cultivo de soja, por lo que es económica. En cuanto a la lecitina de girasol, generalmente se considera hipoalergénica y en Argentina se considera una alternativa a la lecitina de soja, ya que se considera un producto no modificado genéticamente (GMO), lo cual coincide con la preferencia de algunos consumidores. Las tendencias recientes en la encapsulación de aceites se centran en comprender la digestión de los PUFA omega-3 a lo largo del tracto gastrointestinal, ya que la bioaccesibilidad puede mejorarse mediante el diseño eficiente de los sistemas de administración. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de las lecitinas naturales de soja y girasol sobre la estabilidad y digestibilidad de liposomas preparados con aceite de chía y pescado. Para ello se estudiaron cuatro formulaciones: aceite de chía y lecitina de soja, C+S; aceite de pescado y lecitina de soja, P+S; aceite de chía y lecitina de girasol, C+G; y aceite de pescado y lecitina de girasol, P+G, y se incluyeron controles sin aceite para ambas lecitinas (S y G). Se realizaron estudios de digestión *in vitro* y se monitorearon los cambios fisicoquímicos de

los liposomas a lo largo de las diferentes fases del tracto gastrointestinal simulado. En una primera etapa se caracterizaron las suspensiones liposomales durante 7 días de almacenamiento (5-8°C). La estabilidad de los liposomas (potencial zeta, índice de cremado (IC), estabilidad física (turbiscan) y el contenido de omega 3 (espectroscopía UV-Visible) se analizaron a 1 y 7d.. Además, a los 7 días se realizaron observaciones en microscopio confocal y se determinó el tamaño de partícula (análisis de imágenes). A los digeridos de las distintas etapas de la digestión se les midió potencial zeta, tamaño de partículas y porcentaje de ácidos grasos liberados (%AGL) con método pH-Stat. La técnica espectroscópica permitió verificar que los PUFA omega-3 estaban presentes en las suspensiones liposomales y que no hubo variaciones durante el almacenamiento. El tipo de formulación y el tiempo de almacenamiento interactuaron e influyeron en el potencial zeta de las vesículas. Los liposomas S (1 y 7 d) presentaron los valores absolutos más bajos (<10 mV), lo que indicaría baja estabilidad, los liposomas G (1 d) tuvieron los valores más altos (>80 mV), y el resto de las formulaciones presentaron valores inferiores y similares (40 - 50 mV), los cuales son indicativos de una elevada repulsión electrostática. En cuanto a las imágenes microscópicas, se observaron partículas con tamaños variables, sin embargo, fue notorio el menor tamaño de partículas en S respecto a las otras formulaciones. De hecho, las muestras S y C+S tuvieron los menores valores (162 y 195 nm, respectivamente), P+G y G valores intermedios (507 y 740 nm, respectivamente) y P+S y C+G los valores más altos (859 y 865 nm, respectivamente). En efecto, la lecitina S produjo las vesículas más pequeñas excepto cuando se agregó aceite de pescado a la formulación. Por otro lado, se observó un claro efecto tanto del tipo de formulación como del tiempo de almacenamiento en el IC y en la velocidad de cremado, tomados como una medida de la estabilidad coloidal. En todos los sistemas, IC se incrementó con el tiempo, pero permaneció en niveles menores al 18%. Los liposomas conteniendo S mostraron mayor estabilidad que los liposomas conteniendo G y las muestras G y P+G fueron las más inestables, lo cual podría justificarse considerando el tamaño de partícula: las partículas más pequeñas ascienden más lentamente. En cuanto a la digestión gástrica de las distintas formulaciones, en fase oral se observó que el potencial zeta disminuyó respecto de las suspensiones originales, y la muestra P+G presentó el valor más alto, las demás muestras presentaron valores menores y similares. En cuanto al tamaño, en esta fase se detectaron diferencias entre las formulaciones: C+S<P+S<C+G<P+G. Al final de la fase gástrica, el potencial zeta de todas las muestras disminuyó respecto de la fase oral y no hubo diferencias entre las formulaciones. En cuanto al tamaño, en esta fase se verificó la siguiente tendencia: C+S<C+G<P+S<P+G, observándose que las muestras elaboradas con aceite de chía presentaron tamaños menores a las muestras que contenían aceite de pescado; además se observó que, tanto para chía como para pescado, los liposomas con lecitinas de girasol presentaban mayor tamaño que los liposomas formulados con lecitinas de soja. Al final de la fase intestinal, todas las muestras presentaron potencial zeta y tamaños similares y se observó una disminución de tamaño respecto de la fase gástrica. La suspensión C+G presentó el mayor valor de %AGL (65), C+S y P+G presentaron valores intermedios y similares (aprox. 40%), y P+S presentó el porcentaje más bajo (13%). Estos resultados indicarían que el aceite de chía y la lecitina de girasol presentan mayor bioaccesibilidad en formulaciones liposomales que el aceite de pescado y la lecitina de soja, respectivamente. Cabe destacar que la digestión lipídica es un proceso interfacial, ya que la lipasa debe adsorberse en la superficie de las gotitas de aceite para catalizar la hidrólisis lipídica. Por lo tanto, el tamaño, el estado de agregación y composición de la membrana de los liposomas son factores importantes que influyen significativamente en la bioaccesibilidad de los PUFA. Los mayores tamaños observados al final de la fase gástrica en muestras de pescado podrían haber afectado negativamente la digestión intestinal. Además,

en general, nuestros resultados muestran una mayor bioaccesibilidad de liposomas conteniendo lecitinas de girasol en combinación con aceite de chía o pescado.

Palabras claves: *ingredientes funcionales, lípidos bioactivos, encapsulación.*

APLICACIONES EN ALIMENTOS

EMULSIONES DE ACEITE EN AGUA (O/W) ESTABILIZADAS POR NANOCRITALES DE CELULOSA DE ORIGEN VEGETAL Y BACTERIANA

Alonso LG^{1,2*}, Foresti ML², Mauri A¹, Porfiri MC^{3,4}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA, CCT La Plata-CONICET, CICPBA, UNLP, La Plata) Bs. As., Argentina.

² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería. Grupo de Biotecnología y Materiales Biobasados, Bs. As, Argentina.

³ Dpto. Ciencia y Tecnología, UNQ, Roque Sáenz Peña 352 (B1876BXD), Bernal, Buenos Aires, Argentina

⁴ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Godoy Cruz 2290 (C1425FQB), CABA, Buenos Aires, Argentina

* e-mail: alonso.laurag@gmail.com. Presentación de preferencia : oral.

En las últimas décadas, la posibilidad de aislar estructuras celulósicas a nanoescala (1 a 100 nm) con propiedades excepcionales, , baja densidad, biodegradabilidad, elevada superficie y baja expansión térmica, han despertado gran interés. Los nanomateriales de celulosa incluyen tanto las nanofibrillas como los nanocristales. La producción de nanocristales de celulosa (CNCs) se realiza comúnmente por hidrólisis ácida de una fuente de la celulosa, promoviendo la escisión transversal de la fracción no cristalina y liberando cristales individuales. El aislar los CNCs a partir de subproductos de la agroindustria, como la cascara de soja, es una forma de contribuir a la economía circular y sustentable. Por otro lado, la celulosa bacteriana (BNC), con su pureza característica y su alta cristalinidad, aparece como una alternativa prometedora para la producción de CNCs. Esta última puede ser aislada del SCOBY, , la película flotante desarrollada durante la producción de té Kombucha.

Gracias a propiedades como su alta disponibilidad, gran sostenibilidad, no toxicidad y biodegradabilidad, los CNCs pueden usarse para estabilizar emulsiones Pickering. Éstas son emulsiones en las cuales partículas sólidas se acumulan en la interfase de las gotas y forman una barrera mecánica aportando gran estabilidad física, en especial a la coalescencia, debido a la exclusión estérica. El objetivo de este trabajo fue estudiar la capacidad emulsificante de CNCs obtenidos mediante hidrólisis ácida de celulosa vegetal (CNC_v), aislada de la cáscara de soja, y de BNC (CNC_b), aislada del SCOBY del té de Kombucha. El aislado vegetal se obtuvo tras someter a la cascara de soja a molienda, lavado alcalino (NaOH 4%p/v, 120 min) y blanqueo con clorito de sodio (4%p/v, 60 min). La BNC se obtuvo a partir de un tratamiento alcalino (KOH 4% por 16 h) al SCOBY del té de Kombucha. Luego de aislar la celulosa de ambas fuentes, los CNC_v y CNC_b se obtuvieron mediante hidrólisis ácida con H₂SO₄ al 63,5%, 45° C, por 60 min en agitación magnética media. Para los CNC_b se obtuvo una dispersión al 1% p/p con morfología de aguja, entre 100 y 300 nm de largo y 3 y 10 nm de ancho, índice de cristalinidad (método de Segal) de 93% y una carga superficial de -38 ± 3 mV. Para los CNC_v se obtuvo una dispersión al 2,5% p/p, también una morfología de aguja, largos entre 254 y 620 nm y anchos entre 3 y 10 nm, un índice de cristalinidad (método de Segal) de 89% y una carga superficial de -68 ± 1

mV. Se prepararon emulsiones Pickering empleando como fase lipídica aceite de soja con una fracción másica (Φ_m) de 0,3. Las fases acuosas se prepararon a diferentes concentraciones de CNC_v o CNC_b (0,25, 0,5 y 1%) y se ajustó el pH a 5,0. La homogeneización se llevó a cabo en dos etapas, primero homogeneización a alta velocidad en Ultraturrax (24000 rpm, 2 min); y luego homogeneización ultrasónica (525 W, 2 min), con 15 s de pulsos intermitentes. El comportamiento de las emulsiones fue analizado inmediatamente luego de su preparación y durante 28 días de almacenamiento a 22°C. La microestructura se analizó por microscopía óptica. La distribución de tamaño de partícula (DTP) se determinó mediante difracción de luz láser (Malvern Mastersizer 2000E). Las DTP y diámetros promedio De Brouckere se determinaron antes ($D_{4,3}$) y después ($D_{4,3-S}$) de someter a las emulsiones a sonicación de baja energía (40 W, 2 min) para provocar la ruptura de los flóculos. La separación gravitacional se evaluó mediante perfiles de backscattering (BS%) en analizador vertical de barrido Turbiscan (Lab, Formulation). En todos los casos se logró una eficiente homogeneización e integración de la fase lipídica en la fase acuosa, excepto con la fase acuosa CNC_b 0.25% que no formó emulsión. Las emulsiones con CNC_b al 0,5 y 1% presentaron una DTP bimodal, con un diámetro promedio de gota ($D_{4,3-S}$) al día 1 de $(5,8 \pm 0,4) \mu m$ y $(5,1 \pm 0,3) \mu m$ para 0,5 y 1 %, respectivamente. El tratamiento de ultrasonido produjo leves modificaciones en las DTP, lo que indica una baja floculación. Durante todo el período evaluado los diámetros promedio de gota fueron levemente menores al 1% respecto de 0,5%, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Para ambos casos, éstos se mantuvieron constantes durante todo el período de análisis, indicando que ambas concentraciones aportaron estabilidad a la coalescencia. No obstante, el aumento en la concentración de CNC_b retardó el proceso de cremado. Por su parte, las emulsiones formuladas con CNC_v mostraron una tendencia diferente a los CNC_b, según la concentración de nanocristales empleada. La emulsión con CNC_v 0,25 % mostró una DTP bimodal, con un $D_{4,3-S}$ al día 1 de $(5,9 \pm 0,1) \mu m$. Sin embargo, la aparición de bandas de mayor tamaño en la DTP y un aumento en el $D_{4,3-S}$ durante el almacenamiento indican desestabilización por coalescencia. Asimismo, esta emulsión mostró cremado gradual a partir de las 24hs. La emulsión al 0,5% presentó un tamaño de gota y una estabilidad similar a las formuladas con CNC_b. La misma arrojó una DTP bimodal, y un $D_{4,3-S}$ de $(5,8 \pm 0,9) \mu m$ al día 1, el cual se mantuvo constante durante el almacenamiento, sugiriendo estabilidad a la coalescencia. La DTP no sufrió cambios significativos con el ultrasonido, lo que indica bajo grado de floculación. En cambio, la emulsión con CNC_v al 1% presentó una DTP más ancha y desplazada hacia mayores tamaños en comparación con 0,5 %. A su vez, se produjo un corrimiento significativo en la DTP a medida que aumentó el tiempo de sonicado, lo que indica la presencia de flóculos en estas emulsiones. El $D_{4,3-S}$ al día 1 fue de $(8 \pm 1) \mu m$, el cual se mantuvo con oscilaciones menores durante el almacenamiento. En todo el período evaluado los diámetros promedio de gota fueron mayores al 1% respecto de 0,5%, posiblemente debido a una mayor viscosidad de la fase continua que dificulta la generación de área interfacial durante la homogeneización. En cuanto al cremado, ambas concentraciones arrojaron perfiles de BS% constantes durante el período de ensayo, evidenciando estabilidad a la separación gravitacional. Este trabajo indica la posibilidad de emplear CNCs de origen vegetal y bacteriano como emulsificantes Pickering, permitiendo obtener emulsiones con un comportamiento característico según la fuente de CNCs empleada y con alta estabilidad a la coalescencia.

Palabras claves: *celulosa vegetal y bacteriana, CNC, emulsiones pickering, estabilizante.*

APLICACIONES EN ALIMENTOS**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y ESTRUCTURALES DE CERAS NATURALES Y SUS MEZCLAS BINARIAS PARA SU APLICACIÓN EN LÍPIDOS NANOESTRUCTURADOS****Mamani Gonzales, Carla K.^{2,3*}; Pérez, Ethel E.^{1,3}; Baümler, Erica R.^{1,3}**¹ Universidad Nacional del Sur (UNS), Departamento de Ingeniería Química, Bahía Blanca, Argentina.² Universidad Nacional del Sur (UNS), Departamento de Ingeniería, Bahía Blanca, Argentina.³ CONICET-UNS, Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI), Bahía Blanca, Argentina.* E-mail: mamanigonzales@plapiqui.edu.ar

Los portadores de lípidos nanoestructurados (NLC, por sus siglas en inglés) son sistemas de administración basados en lípidos que representan una evolución tecnológica respecto a las nanopartículas lipídicas sólidas (SLN), diseñadas para mejorar la capacidad de carga, la estabilidad y la biodisponibilidad de compuestos bioactivos. En estos sistemas, las ceras vegetales pueden actuar como fase lipídica sólida gracias a su biocompatibilidad y propiedades cristalinas. La combinación binaria de ceras permite modificar significativamente la estructura interna del sistema, afectando propiedades claves como la cristalinidad, la morfología, el comportamiento térmico y las propiedades reológicas. La caracterización multivariable de estas propiedades, combinada con herramientas estadísticas como el análisis por componentes principales (PCA) y el análisis de clústeres, permite una selección racional de mezclas candidatas para su aplicación en NLC.

En este estudio se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y estructurales de cinco ceras naturales (cera de girasol-SFW, cera de carnauba-CRW, cera de candelilla-CLW, cera de salvado de arroz-RBW y cera de abeja-BW) y diez de sus mezclas binarias (1:1 p/p). Adicionalmente, se analizaron muestras de oleogeles elaboradas a partir de estas ceras y sus mezclas bajo condiciones de enfriamiento controlado y no controlado. El objetivo principal fue identificar las ceras o mezclas de ceras más adecuadas para su uso como fase lipídica sólida en la formulación de NLC, a partir del análisis integral de sus propiedades mediante herramientas multivariadas. Para ello, se aplicaron técnicas analíticas como colorimetría, microscopía de luz polarizada (análisis fractal y lacunaridad), calorimetría diferencial de barrido (DSC), difracción de rayos X (XRD), espectroscopía infrarroja de Fourier (FTIR) y reología oscilatoria. Los datos obtenidos se integraron mediante PCA y el análisis de clúster, lo que permitió identificar los perfiles más prometedores para aplicaciones en NLC.

Los resultados del PCA mostraron que las primeras cuatro componentes principales explican cerca de 80% de la varianza total, indicando los factores latentes que capturan la mayor parte del comportamiento de las ceras. La contribución de las variables de la primera componente (CP1) se asoció a diferencias composicionales, de color y entalpías de fusión y cristalización, separando ceras ricas en ésteres de las más hidrocarbonadas. La cera de abeja (BW) y candelilla (CLW) exhiben valo-

res α positivos (tonos rojizos), picos FTIR de carbonilo relativamente menores al igual que las entalpías de fusión y cristalización, mientras que la cera de girasol (SFW) presenta α negativo (tendencia verdosa), fuerte absorción en el pico 1735 cm^{-1} por sus ésteres y los mayores valores de entalpías de fusión y cristalización. La contribución de las variables de la segunda componente (CP2), por su parte, correlacionó las propiedades térmicas (T_F y T_C) y microestructurales, distinguiendo ceras de mayor punto de fusión y redes cristalinas complejas de aquellas de menor temperatura de fusión. En conjunto, el PCA mostró que las mezclas binarias desarrollan propiedades emergentes únicas que no son similares a sus ceras puras. Estos se confirman con el análisis de clúster, donde las muestras se distribuyen en tres grupos principales. El número óptimo de clústeres se determinó mediante diferentes métodos estadísticos, seleccionando una solución de tres clústeres como la más estable según el índice de Jaccard por bootstrap. El clúster 1 agrupó las ceras puras BW y CLW y las mezclas binarias 1:1 (p/p) CLW/BW, CRW/BW, SFW/CLW, CLW/RBW y CRW/CLW. Mientras, las ceras puras de mayor punto de fusión (CRW y RBW) formaron un clúster separado (clúster 2), distinto de las mezclas como de las demás ceras puras, evidenciando que estas ceras no se comportan de manera similar que sus mezclas. El clúster 3, reunió a SFW y las mezclas binarias 1:1 (p/p) RBW/SFW, RBW/BW, RBW/CRW, BW/SFW y CRW/SFW. En efecto, las mezclas binarias tendieron agruparse entre sí por similitud de comportamiento antes que, con sus ceras puras, manifestando nuevas combinaciones de propiedades. Este último clúster se destacó por reunir las mezclas binarias 1:1 (p/p) con propiedades más adecuadas para su aplicación como fase lipídica sólida en formulaciones de NLC, al presentar un menor grado de cristalinidad, tamaño de cristal moderado, transiciones térmicas más suaves, buena compatibilidad química y comportamiento reológico favorable. En conjunto, estas características posicionan a las mezclas binarias 1:1 (p/p) del clúster 3 como las más prometedoras para el desarrollo de sistemas NLC estables y con elevada capacidad de encapsulación.

Palabras clave: *Portadores de lípidos nanoestructurados, ceras naturales, mezclas binarias, análisis de componentes principales y análisis de clúster.*

APLICACIONES EN ALIMENTOS**MODIFICACIONES EN EL PERFIL DE LIPOLISIS Y DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN QUESOS DE LECHE DE BÚFALA, DE VACA Y MEZCLAS****Silvina Roxana Rebechi, Irma Verónica Wolf, María Ayelén Vélez y María Cristina Perotti***

Instituto de Lactología Industrial (INLAIN, UNL-CONICET), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, Santa Fe (3000), Argentina.

* Email: cperotti@fiq.unl.edu.ar

La leche de búfala presenta características fisicoquímicas y nutricionales diferentes a la leche de vaca, impactando en la elaboración y maduración de quesos. En relación a la fracción grasa, el tamaño de los glóbulos grasos es mayor respecto a la leche de vaca, asociado a un mayor contenido graso y a una síntesis limitada de material de membrana para recubrir los glóbulos, afectando su estabilidad; glóbulos más grandes tienen menor estabilidad y menor superficie de contacto con las enzimas, respecto a los más pequeños. De hecho, se reporta que en los quesos de búfala el desarrollo de aroma y sabor durante la maduración es limitado, ya que los procesos de lipólisis y metabolismo de los ácidos grasos (AG) se ven disminuidos. Por otro lado, el periodo de producción de la leche búfala no es regular a lo largo del año. Para satisfacer la demanda de producción de estos quesos una estrategia es complementar la leche de elaboración con leche de vaca; esto también contribuiría a desarrollar nuevos productos con características particulares. Sin embargo, el uso de mezclas de leche puede impactar en las propiedades tecnológicas (coagulación, firmeza de la cuajada, sinéresis, rendimiento) y en las características y aceptabilidad de los quesos. En el presente trabajo se evaluó la influencia del tipo de leche: búfala y vaca, y sus mezclas, en la lipólisis, en el perfil de compuestos volátiles y en los parámetros fisicoquímicos de quesos semiduros durante de la maduración (90 días/12°C). Además, las leches de elaboración se caracterizaron de acuerdo a la distribución de tamaño de partículas y de los perfiles de ácidos grasos (AG), a partir del cual se calcularon los índices lipídicos relacionados con la salud: Índices de aterogenicidad (IA) y de trombogenicidad (IT) y la actividad $\Delta 9$ desaturasa. Se elaboraron quesos a escala piloto (50 L): 100% leche de búfala (Q1), 100% leche de vaca (Q6) y mezclas de leches de búfala y de vaca en diferentes proporciones: 80:20 (Q2); 60:40 (Q3); 40:60 (Q4) y 20:80 (Q5); las elaboraciones se duplicaron en días diferentes. Se midió la distribución de tamaño de partículas de las leches de elaboración por Dispersión Dinámica de la luz (DLS). Los perfiles de AG (C4:0-C18:3) de la leche y la lipólisis de los quesos a los 7 y 90 días se analizaron por cromatografía de gases (GC-FID). La fracción volátil se analizó por microextracción en fase sólida (SPME) acoplado a GC-FID y espectrometría de masas (GC-MS). Los picos identificados fueron integrados, se agruparon por familia química, y se calculó el % en relación al área total. A los 90 días, se determinó la composición fisicoquímica (pH, proteínas, grasa y sólidos totales) con métodos de la Internacional Dairy Federation (IDF). Los datos se analizaron estadísticamente (ANOVA y test de Tukey). Todas las leches de elaboración presentaron una distri-

bución de tamaño de partículas bimodal. La leche de búfala presentó dos picos con valores medios de 228nm y 5,20 μ m, correspondientes a las micelas de caseína y a los glóbulos grasos, respectivamente. Los valores para la leche de vaca fueron 176nm y 4,27 μ m, respectivamente. En las leches mezcla se observó corrimiento de ambos picos hacia valores cercanos a los obtenidos para la leche de búfala a medida que el porcentaje de leche de vaca disminuye. Los perfiles de AG de las leches se procesaron calculando grupos: AG saturados (AGS), AG insaturados (AGI), AG mono-insaturados (AGMI), y AG poli-insaturados (AGPI), e índices lipídicos. Solo se encontraron diferencias para los AGMI que fueron mayoritarios para la leche de vaca respecto a la leche de búfala (26,5 vs. 21,9 g/100 g de grasa); los rangos de valores medios para los otros grupos de AG fueron: AGS, 67,3-63,9; AGI, 31,1-27,7 y AGPI, 6,6-4,4 g/100g de grasa. Solo se encontró diferencias en el índice Δ 9-desaturasa, con mayor valor en la leche de vaca en relación a las otras muestras (0,07 vs. 0,05), lo que refleja una mayor actividad de esta enzima en el animal que puede estar influenciado por la alimentación. Los valores de pH de los quesos a los 90 días oscilaron entre 4,98 y 5,35; Q5 y Q6 tuvieron los valores más bajos y Q3 el mayor valor. La humedad fue menor en Q1 (30,4 %) y los mayores valores se registraron en Q6 y Q4 (33,8 %). La grasa (base seca) varió de 68,0 a 53,9 %, teniendo Q1 el mayor valor. El contenido proteico varió de 25,3 a 27,7 % sin diferencias entre las muestras. El grado de lipólisis (Σ AGL, mg/kg) de los quesos elaborados con las leches mezcla y con leche de vaca pura se incrementó con el avance de la maduración, mientras que para Q1 no se verificaron cambios sustanciales. A los 7 días, Q4, Q5 y Q6 presentaron mayores niveles respecto a Q1, Q2 y Q3 (1170-1415 vs. 837-908). A los 90 días, Q5 se diferenció de Q1 y Q2 (2400 vs. 840 y 1200), con algunas diferencias en los AGL individuales. En general, las concentraciones de todos los AGL se incrementaron con el aumento de la proporción de leche de vaca. En la fracción volátil se identificaron 32 compuestos pertenecientes a las familias químicas de los aldehídos (5), cetonas (8), ésteres (4), alcoholes (6) y ácidos (9). Los ácidos y las cetonas fueron los grupos mayoritarios (72 y 87%). De los ácidos (40-60%), butanoico, acético y hexanoico presentaron los mayores niveles. Los ácidos butanoico y hexanoico son típicos compuestos derivados de lipólisis, mientras que el acético se forma por diferentes vías que incluye el metabolismo de la lactosa y el catabolismo de aminoácidos. Q1, Q2 y Q3 presentaron similares proporciones de ácidos, aumentando su incidencia en los quesos Q4 y Q5. En el grupo de las cetonas (25-40%) destacaron las metilcetonas de número impar de átomos de C (propanona, 2-pentanona, 2-heptanona, etc.) que se asocian al catabolismo de algunos AG, y el diacetilo y la acetoína que se originan principalmente a partir del metabolismo de la lactosa y del catabolismo de aminoácidos. La mayor proporción de cetonas se verificó en Q2 y la menor en Q4. Los aldehídos fueron el tercer grupo en abundancia (5-15%), con excepción de Q1. La mayor proporción se observó en Q3 y la menor en Q5. Uno de los aldehídos predominante en los quesos fue el acetaldehído, que tiene un origen metabólico asociado a la lactosa. Aldehídos provenientes a la oxidación de la grasa como hexanal y heptanal se detectaron en Q6 en mayores niveles. Los ésteres constituyeron entre 3 y 13%, con mayor proporción en Q1 y menor en Q2 y Q5. El acetato y el butanoato de etilo fueron mayoritarios. Los ésteres etílicos se forman por reacciones de esterificación del etanol con los AG. Los alcoholes fueron un grupo minoritario (2-9%); Q2 presentó los mayores valores y Q4 los más bajos. En todos los quesos el 2-heptanol resultó mayoritario y se considera que se origina por el catabolismo de los AG. Los quesos elaborados con mezclas de leches fueron los que experimentaron una lipólisis más acentuada y un perfil de compuestos volátiles más variado durante la maduración, similares a los obtenidos para el queso con leche de vaca. Los resultados obtenidos evidencian la factibilidad de emplear mezclas de leches de búfala y vaca para obtener quesos semiduros con características sensoriales mejoradas.

Palabras claves: *quesos de búfala, mezclas de leche, lipólisis, compuestos volátiles.*

APLICACIONES EN ALIMENTOS**NOVEL PLANT-BASED CHEESE ALTERNATIVES USING MONOGLYCERIDE OLEOGELS****Dominguez, M.^{1,2}; Palla, C.A.^{1,2}; Carrín, M.E.^{1,2}**¹ Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI), CONICET-UNS, Argentina² Departamento de Ingeniería Química (DIQ), UNS, Argentina

E-mail: mdominguez@plapiqui.edu.ar*; cpalla@plapiqui.edu.ar; mcarrin@plapiqui.edu.ar

Abstract

Vegan foods have recently emerged as a significant trend in the global food market, driven by health considerations, ethical principles, and growing awareness of the environmental impact associated with some conventional food products. This has led to a rapid increase in worldwide demand for dairy-free food products, with significant efforts focused on developing plant-based cheese alternatives. While cheese is recognized as a source of protein, it typically contains a high content of saturated fat, regardless of whether it is made from dairy or vegetable sources. The amount and type of fat present significantly influence key characteristics of the cheese, including its flavor, texture, melting and flow properties, and visual appearance. Therefore, suitable low-saturated fat from vegetable sources are needed to mimic the functionalities that traditional fats provide. Oleogelation is a leading technology for replacing unhealthy fats high in saturated and trans fatty acids. This process structures vegetable oils into semi-solid materials using different gelators—such as waxes, monoglycerides (MG), phytosterols, and lecithin, among others—providing a three-dimensional network that traps the oil. In particular, MG oleogels have demonstrated characteristics of hardness, stability, plasticity, elasticity, and mouthfeel similar to semi-solid fats, that make them suitable for various food applications. The aim of this work was to study the formulation and characterization of alternative plant-based cheese (AC) using MG oleogels as a fat source. The oleogels used to replace fat in AC were selected based on their physicochemical and stability properties, determined in a previous study. These oleogels were prepared by hot mixing either flaxseed or chia oil with 6 wt% MG as gelator and subsequent cooling. An AC formulation containing 5 wt% fat was used as the base recipe, with either MG oleogels or liquid oil as the fat source. Samples prepared with chia and flaxseed oils were used as controls. The cheese-making process involved soaking and blending sunflower seeds to create the vegetable milk base, adding thickeners (corn and cassava starch) and flavor (cheese yeast), and heating the mixture. To preserve the oleogel structure, the fat component (either oil or oleogel) was incorporated into the cheese base immediately after the cooking process. Finally, the resulting AC samples were cooled at 5 °C for 24 h prior to analysis. The effects of unstructured oil replacement with MG oleogels on the physicochemical properties of the AC were evaluated focusing on texture, meltability, oil loss, color, and rheological behavior. Visually, cheeses formulated with unstructured oil exhibited a smoother appearance compared to the more porous surface of those containing oleogel. A noticeable color difference between oil- and oleogel-based AC was observed in the flaxseed systems but not

in the chia counterparts. The use of oleogels in the AC formulations resulted in decreased melting characteristics and increased oil loss, indicating different effects when oil is introduced structured or unstructured. Regarding textural properties, no significant differences were observed in fracturability among the AC samples. Hardness was slightly higher in formulations containing unstructured flaxseed oil, whereas the use of oleogels led to increased adhesiveness and greater cohesiveness. The AC stretch did not change significantly in the samples when the unstructured oil was replaced by its corresponding oleogel. This comparable stretching behavior across the cheese samples suggests that the presence of MG at low concentration did not significantly alter the starch capacity for stretching and flow. The storage modulus (G') consistently surpassed the loss modulus (G'') across the tested frequencies, demonstrating a dominant solid behavior in all samples. Furthermore, the use of oleogels instead of unstructured oil resulted in a substantial increase in both G' and G'' , suggesting a reinforcement of the AC structure and enhanced resistance to deformation. The rheological profile of all AC samples varied with temperature, evidencing the occurrence of a structure-decreasing zone and a structure-stabilizing one. Overall, incorporating MG oleogels as an oil replacement in an AC formulation impacted its physicochemical properties, leading to interesting textural modifications and a more robust structure. However, further optimization is still needed to improve functionalities, particularly their melting and oil loss behavior. The observed limitations may be attributed to factors such as the interaction of other components within the cheese base preparation and the partial solubilization of the MG of the oleogel upon mixing with the cheese base. Therefore, further investigation into these underlying mechanisms is warranted and will be the subject of future studies.

Keywords: *plant-based cheese; monoglyceride; oleogel; fat replacement; food application*

APLICACIONES EN ALIMENTOS

QUESOS PROCESADOS CON ADICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 EN LIPOSOMAS. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO, SENSORIAL Y DE COMPUESTOS VOLÁTILES

María Ayelén Vélez^{1*}, Ivana Nieto², Germán Bartolé³, Caballero María Soledad¹, Irma Verónica Wolf¹, María Cristina Perotti¹

¹ Instituto de Lactología Industrial (INLAIN, UNL-CONICET), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, Santa Fe. Argentina.

² INTI Ruta Nac. N° 34, Km 227.6 Rafaela (2300). Santa Fe. Argentina.

³ Cassini y Cessaratto. Belgrano 438. San Carlos Sud (3017). Santa Fe. Argentina.

* E-mail: mvelez@fiq.unl.edu.ar

En los últimos años, la industria láctea ha conseguido un rol sobresaliente en el desarrollo de alimentos funcionales, es decir, alimentos que generan un beneficio a la salud más allá de su aporte nutricional básico. Estos alimentos poseen “componentes bioactivos”, compuestos químicos presentes naturalmente en el alimento, formados o agregados durante el procesamiento del mismo, que pueden ejercer funciones bioquímicas/fisiológicas específicas cuando son consumidos por el ser humano. Ciertos lípidos tienen propiedades biológicas reconocidas; entre ellos se puede citar a los ácidos grasos (AG) omega-3 eicosapentaenoico (EPA, C20:5), y docosahexanoico (DHA, C22:6). El deterioro del EPA y DHA, especialmente por oxidación, conduce a una disminución de su concentración, pérdida de bioactividad y aparición de moléculas no deseadas que impactan negativamente en la calidad nutricional y sensorial del alimento. La protección de estos ácidos grasos por encapsulamiento con tecnología liposomal podría ser una alternativa novedosa para el desarrollo de quesos funcionales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto del agregado de una suspensión liposomal rica en EPA y DHA (previamente desarrollada en INLAIN) en la elaboración de quesos procesados a escala piloto. Para ello, se elaboraron quesos con aceite de pescado encapsulado en liposomas (L), con aceite libre en ausencia de encapsulación (A) y controles sin AG (C). Las elaboraciones se realizaron a escala piloto en la empresa Cassini y Cessaratto (se reserva la tecnología de elaboración). Se determinó la recuperación de los AG omega-3 de interés en los quesos a los 7 y 30 días de almacenamiento por cromatografía gaseosa. Además, los quesos se caracterizaron mediante técnicas estandarizadas en sólidos totales, proteínas, materia grasa, calidad microbiológica (mohos y levaduras -MyL-, coliformes), compuestos volátiles y se realizó un análisis sensorial con panel entrenado. Los resultados se analizaron por ANOVA de una vía. Por razones tecnológicas (incorporación de liposomas o aceite libre) los quesos se formularon con diferencias en la composición: A y C tuvieron 8% de proteínas, 66% de sólidos totales (ST) y 24% de materia grasa (MG), y L 5% de proteínas, 62% de ST y 22% de MG, aunque todos los quesos mantuvieron una relación de MG/ST entre 0,6-0,65. El pH de los

quesos se mantuvo en rangos adecuados (5.2-5.4) y no se detectaron contaminantes (coliformes < 3UFC/g y MyL <100 UFC/g). En cuanto al contenido de AG omega-3 (EPA+DHA), el porcentaje de recuperación fue de 73 ± 5 % para L y 87 ± 2 % para A y no se encontraron diferencias significativas entre ellos; estos valores se mantuvieron sin cambios durante 30 días de almacenamiento. En la fracción volátil se identificaron 33 compuestos volátiles pertenecientes a las familias químicas de los aldehídos (4), cetonas (10), ésteres (3), alcoholes (10) y ácidos (6), cuya presencia ha sido reportada en distintos tipos de quesos. Se encontraron diferencias entre los quesos para la mayoría de los compuestos. Mayores niveles de 3-metil butanal, hexanal, 2-heptanona, 2-octanona, 2-undecanona, 2-propanol, 2-pentanol, 2-hexanol, 2-heptanol, 1-hexanol, se registraron en el queso A, respecto a los otros quesos. En particular, el hexanal es un compuesto derivado de la oxidación de la grasa. El queso C se diferenció por mayores porcentajes de benzaldehído, 2-propanona, 2-butanona, acetoína, y los ácidos butanoico, y octanoico. Mientras que en el queso L se detectaron los más bajos niveles para 2-propanona, 2-butanona, acetoína, butanoico y octanoico, y para los restantes compuestos sus porcentajes no se diferenciaron de los otros quesos. Respecto al ensayo sensorial se tuvieron en cuenta el flavor global y los siguientes descriptores de textura: untabilidad, filancia, impresión de humedad, solubilidad, adherencia y cremosidad. Los quesos A y L se compararon con el control; ambos tuvieron menos puntaje en flavor, aunque mayor puntaje en los atributos de textura. En base a esto se sugiere ajustar el sabor utilizando saborizantes en ensayos futuros. El contenido de AG omega-3 se incrementó exitosamente en los quesos con agregado del ingrediente liposomal y con aceite libre. En los quesos L se obtuvo además el beneficio de no detectarse la presencia de compuestos derivados de la oxidación de la grasa. De esta manera se verificó la factibilidad de aplicación de un ingrediente rico en lípidos bioactivos en quesos tipo procesado.

Palabras clave: *alimento funcional, omega-3, ingredientes bioactivos.*

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

ANÁLISIS DE FORMULACIONES FARMACEÚTICAS LIPÍDICAS POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA CON DETECCIÓN DE AEROSOL CARGADO

Cristian Casado, Ana C. Rizzi, María J. Herrero, Rocío Massó, María L. Córdoba, Eugenia Quinzio, Viviana Dabbene e Ismael Bianco

Ceprocor (Centro de Excelencia en Productos y Procesos Córdoba) Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación de la Provincia de Córdoba, Córdoba, Argentina.

E-mail: cristian.casado@cba.gov.ar, ibianco@ceprocor.uncor.edu, equinzio@ceprocor.uncor.edu; viviana.dabbene@cba.gov.ar

Los ácidos grasos, fosfolípidos naturales y sintéticos, colesterol, entre otros se han analizado tradicionalmente mediante técnicas de cromatografía de gases (GC) al igual que empleando Cromatografía líquida de alta presión (HPLC) con detección ultravioleta (UV). Sin embargo, estos métodos requieren derivatización precolumna, ya sea para mejorar la volatilidad (CG) o la sensibilidad por carecer de cromóforos (HPLC-UV). También se ha descrito, el uso de la electroforesis capilar con detección fotométrica indirecta y ensayos enzimáticos, en este caso, para la determinación de ácidos grasos libres en alimentos y sangre.

En los últimos años, la HPLC, combinada con detectores de aerosoles se ha utilizado típicamente para la detección de lípidos. Aunque estos detectores utilizan la tecnología de aerosol evaporativo para pulverizar eluyentes secos sobre partículas secas, el método de detección de residuos del aerosol varía. El detector de dispersión de luz evaporativa (ELSD) utiliza luz dispersa y un multiplicador fotosensible para la detección de los analitos. En el caso del detector de aerosoles con carga corona (CAD), las partículas se cargan mediante una corriente de nitrógeno gaseoso ionizado y se detectan mediante un electrómetro, similar a la espectrometría de masas de ionización química atmosférica (APCI/MS). El ELSD ha presentado ciertas limitaciones en algunos casos, produciendo diferentes respuestas para compuestos del mismo peso molecular y falta de sensibilidad, para ciertos fármacos o excipientes.

Cabe destacar que el CAD presenta una alta sensibilidad y precisión ofreciendo mejor rendimiento que el ELSD, en diversas aplicaciones como el análisis de principios activos farmacéuticos, impurezas y excipientes lipídicos.

En la industria farmacéutica, los fosfolípidos son reconocidos como agentes estabilizadores para diversos tipos de formulaciones farmacéuticas lipídicas (FFL), ya sea en fase dispersa, como emulsiones, liposomas, nanopartículas lipídicas sólidas y suspensiones. Su biocompatibilidad y seguridad han propiciado su uso generalizado. Se sabe que los fosfolípidos experimentan tanto oxidación como hidrólisis, por lo que es necesario evaluar el impacto de estos procesos de degradación en la estabilidad fisicoquímica de las FFL.

Necesitamos, entonces, métodos analíticos apropiados que puedan utilizarse en el desarrollo de

FFL, tanto para la cuantificación como para estudios de estabilidad, que permitan determinar el mayor número posible de analitos en una sola prueba.

El objetivo de nuestro trabajo fue establecer un método adecuado para detectar y cuantificar la mayor cantidad de componentes de FFL y sus productos de degradación en una sola corrida cromatográfica, empleando HPLC-CAD.

Para ello se empleó: un cromatógrafo Alliance 2690 equipado con un detector CAD Corona Veo, con Generador de Nitrógeno y Compresor de aire, una columna marca Phenomenex Luna C8, 5µm (2), 100Å 150 x 4,6mm con cartucho guardacolumna a una temperatura de 45 ± 1 °C, utilizando una fase móvil a un flujo de 1,2mL/min, con un programa de elución de solventes comenzando por acetonitrilo:agua pH 2,5 (ajustado con ácido fórmico) 50:50, agregando isopropanol a los 50 minutos, por 5 minutos, para luego retornar a la fase inicial. La preparación de las muestras fue sencilla, empleando disolución en solventes y posterior centrifugación e inyección en el sistema cromatográfico.

Con estas condiciones, se han logrado separar y cuantificar, empleando estándares de referencia y curvas de calibración polinómicas de tercer orden, FFL de liposomas constituidos por: Colesterol, 1,2 diestearoil-sn-glicerol-3-fosfocolina (DSPC), fosfatidilcolina de soja hidrogenada (HSPC), 1,2 diestearoil-sn-glicerol-3-fosfoetanolamina-N(aminopolietilenglicol) 2000 (DSPE-PEG 2000), 1,2 diestearoil-sn-glicerol-3-fosfoglicerol (DSPG), junto a sus productos de degradación estearoil-hidroxi-sn-glicerol-3-fosfocolina (¹⁸LysoPC) y palmitoil-hidroxi-sn-glicerol-3-fosfocolina (¹⁶LysoPC), ácido esteárico, entre otros. Al igual que suspensiones lipídicas, constituidas por aceite de soja, triglicéridos de cadena media y lecitina de huevo.

En conclusión, los laboratorios dedicados a la caracterización de componentes de FFL podrían considerar el uso de la HPLC-CAD con gradiente de fase móvil, para no pasar por alto ningún componente clave, ni incumplir inadvertidamente requisitos regulatorios.

En cada caso de una FFL, deberá procederse a la validación del método, según las directrices de la guía de la Conferencia Internacional de Armonización, ICH Q2(R2) en cuanto a exactitud, precisión, especificidad e intervalo de trabajo, incluyendo el límite de detección y cuantificación, así como el rango de calibración.

Palabras clave: *Formulaciones Farmacéuticas lipídicas; Cromatografía líquida de Alta presión; Detección de Aerosol Cargado.*

Bibliografía

- 1-Lakshmy M. Nair, Jane O. Werling, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 49 (2009) 95–99.
- 2- Valentin Bender, LeonFuchs, RegineSüss, , , June 2024, 100255
- 3-Ana Saret Ortega-Galindo, Lucero Díaz-Peralta, Arturo Galván-Hernández, Iván Ortega-Blake, Alejandro Pérez-Riascos, Yareli Rojas-Aguirre, *Mundo Nano* 16(31), 1e-26e, julio–diciembre 2023.

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

ANÁLISIS ESTRUCTURAL, TÉRMICO Y REOLÓGICO DE MEZCLAS BINARIAS DE CERA DE GIRASOL CON CERA DE CANDELILLA Y CERA DE CARNAUBA

Mamani Gonzales, Carla K.^{2,3*}; Pérez, Ethel E.^{1,3}; Baümler, Erica R.^{1,3}

¹ Universidad Nacional del Sur (UNS), Departamento de Ingeniería Química, Bahía Blanca, Argentina.

² Universidad Nacional del Sur (UNS), Departamento de Ingeniería, Bahía Blanca, Argentina.

³ CONICET-UNS, Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI). Bahía Blanca, Argentina.

* E-mail: mamanigonzales@plapiqui.edu.ar

La cera de girasol (SFW), la cera de candelilla (CLW) y la cera de carnauba (CRW) son ceras vegetales que poseen características fisicoquímicas que las convierten en adecuadas para diversas aplicaciones alimentarias (reemplazo de grasas trans en margarinas mediante oleogel y recubrimientos), cosméticas (barras labiales, emulsiones estabilizadas con cera) y farmacéuticas (sistemas de liberación controlada lipídicos). En particular, la combinación binaria de la cera de girasol con otras ceras ha despertado un notable interés en el sector alimentario, debido a su origen natural, su versatilidad y su potencial para el desarrollo de productos con etiqueta limpia. En este contexto, el estudio del comportamiento de fases, la miscibilidad y las propiedades de las mezclas de ceras resulta importante para el diseño y la optimización de productos funcionales con propiedades mejoradas. El objetivo de este trabajo fue comparar diferentes propiedades de mezclas binarias de cera de girasol/cera de candelilla (SFW/CLW) y cera de girasol/cera de carnauba (SFW/CRW), en un amplio rango de composiciones (100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 y 0:100 p/p), a fin de identificar tendencias y relaciones relevantes.

Se utilizaron técnicas de colorimetría, microscopía de luz polarizada (LPM), calorimetría diferencial de barrido (DSC), difracción de rayos X (XRD) y reología oscilatoria para caracterizar las muestras. Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas en su comportamiento estructural, térmico, mecánico y visual entre ambos sistemas estudiados (SFW/CLW y SFW/CRW). Cabe destacar que, SFW mostró un perfil de fusión simple y definido, mientras que tanto CLW y CRW exhibieron múltiples picos, lo cual refleja mayor complejidad en sus procesos de fusión. La mezcla SFW/CLW mostró menor temperatura de fusión que las ceras puras, sugiriendo un comportamiento eutéctico y formación de una red cristalina integrada con cristales de entre 15,7 nm - 19 nm y alto grado de cristalinidad (>60%) en composiciones (40:60, 60:40 y 80:20). Esta co-cristalización se reflejó además en una rigidez mecánica superior incluso a las ceras que lo componen, siendo la mezcla 40:60 la que alcanzó un valor de consistencia más alto. Por otro lado, el sistema SFW/CRW presentó un comportamiento distinto, la mezcla 50:50 mostró un pico de fusión amplio y múltiples picos en la cristalización, lo que sugiere una miscibilidad incompleta. Sin embargo, aunque la cristalinidad en general se mantuvo alta, no se observaron reducciones significativas en el tamaño de los cristales,

lo que sugiere una cristalización en fases separadas. Las microestructuras correspondientes evidenciaron redes complejas y heterogéneas, y en particular, la mezcla 50:50 presentó una morfología fractal muy densa, aunque con una distribución de vacíos menos uniforme. Esta falta de integración estructural repercutió en el comportamiento mecánico, todas las mezclas SFW/CRW evidenciaron una disminución en la rigidez mecánica en comparación a CRW, lo que se traduce en una menor consistencia del material. En térmicos de color, se observaron diferencias significativas entre todas las muestras de ambos sistemas ($p < 0,05$). Particularmente, en el sistema SFW/CRW la mezcla con proporción 20:80 presentó un marcado oscurecimiento y un valor elevado del parámetro a , lo que implica una tonalidad rojiza. Esta desviación cromática sugiere una heterogeneidad estructural. El análisis de las entalpías de fusión reforzó todas estas observaciones, mostrando variaciones no lineales en función de la composición. Asimismo, se evidenció un cambio en la morfología cristalina conforme varió la composición de las mezclas, reflejando que las interacciones moleculares entre ceras influyen en los procesos de cristalización. Finalmente, se resalta que todas las mezclas, tanto en el sistema SFW/CLW como del SFW/CRW, mantuvieron picos de mayor intensidad en los difractogramas de rayos X en 2θ de aproximadamente $21,6^\circ$ y 24° , correspondientes a distancias interlineales de 0,41 nm y 0,37 nm, respectivamente. Estos picos están relacionados con un empaquetamiento de la estructura cristalina de subcélula ortorrómbica perpendicular ($O\perp$) presente también en las ceras puras, lo que sugiere que, a pesar de los efectos de la mezcla, la estructura básica de la red cristalina se conserva en ambos sistemas.

Palabras claves: *Cera de girasol, cera de carnauba, cera de candelilla, comportamiento de fase, estructura cristalina, propiedades reológicas.*

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE SEMILLAS OLEAGINOSAS DE CHÍA (*SALVIA HISPANICA* L.) MEDIANTE FT-IR: UN ENFOQUE RÁPIDO Y EFICIENTE PARA LA DETECCIÓN DE VIABILIDAD Y DIFERENCIACIÓN GENOTÍPICA

María Emilia Rodríguez^{1,2*}, Vanesa Y. Ixtaina^{1,2} y Lorena Deladino^{1,3}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CIDCA, CONICET-UNLP-CIC), Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, Calle 47 y 116, La Plata (CP1900), Buenos Aires, Argentina.

² Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), Calle 60 y 119, La Plata (CP1900), Buenos Aires, Argentina.

³ Facultad de Ciencias Exactas (UNLP), Calle 47 y 116, La Plata (CP1900), Buenos Aires, Argentina.

* E-mail: mariaemilia.rodriguez@agro.unlp.edu.ar

La determinación del estado fisiológico de semillas almacenadas constituye un aspecto crítico en el marco de la conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos, así como en la planificación de su utilización con fines de propagación. Por otro lado, el deterioro asociado al envejecimiento puede comprometer atributos fisicoquímicos y funcionales relevantes para aplicaciones industriales, incluyendo la calidad del aceite extraído en el caso de especies oleaginosas.

En este contexto, la disponibilidad de metodologías analíticas rápidas, sensibles y con bajo requerimiento de muestra resulta fundamental para optimizar la toma de decisiones en bancos de germoplasma, programas de mejoramiento y cadenas agroindustriales. Esta necesidad adquiere particular relevancia en especies oleaginosas como *Salvia hispanica* L. (chía), de creciente interés por su perfil lipídico rico en ácidos grasos poliinsaturados valor nutricional y su inserción en mercados agrícolas, alimentarios y nutraceuticos.

El presente estudio evaluó el potencial de la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR), en combinación con modelos de clasificación supervisada, para discriminar el estado fisiológico (viable/no viable) y el genotipo (pericarpio blanco o mixto) de semillas individuales de chia. Se analizaron 200 semillas, clasificadas en cuatro grupos experimentales (dos genotipos, con y sin envejecimiento artificial), mediante espectroscopía FT-IR en modo ATR. La adquisición se realizó en el rango 4000-400 cm⁻¹, aplicando un diseño de contacto directo con el cristal que permite el análisis de muestras mínimas sin requerimientos de pretratamientos extensivos.

Los espectros fueron sometidos a transformaciones matemáticas (SNV, MSC, derivada de Savitzky-Golay y sus combinaciones), y posteriormente se entrenaron tres algoritmos de clasificación supervisada: Árboles de Decisión, Bagging y Random Forest (RF), utilizando conjuntos independientes para entrenamiento (80%) y validación (20%). El modelo RF, combinado con el preprocesamiento MSC+SG, obtuvo un rendimiento óptimo, alcanzando una precisión del 100% (índice Kappa = 1.00)

en ambas regiones espectrales analizadas (alta: 3500-2700 cm^{-1} ; baja: 1800-800 cm^{-1}).

El análisis de importancia de variables (Mean DecreaseAccuracy y Mean Decrease Gini) permitió identificar bandas espectrales críticas asociadas a biomoléculas clave en el deterioro fisiológico. En particular, se destacaron señales en 2853 cm^{-1} (estiramiento asimétrico de grupos metileno en lípidos), 3293 cm^{-1} (estiramientos O-H y N-H asociados a procesos oxidativos y daño proteico), así como en 1420 y 1099 cm^{-1} (flexiones C-H y vibraciones C-O en estructuras polisacáridicas y antioxidantes). Estas regiones espectrales mostraron alta capacidad discriminativa, tanto para la clasificación por viabilidad como para la diferenciación genotípica.

Los resultados obtenidos demuestran que la integración de espectroscopía FT-IR y algoritmos de aprendizaje automático constituye una herramienta eficaz para el diagnóstico rápido y preciso del estado fisiológico de semillas individuales. A diferencia de los métodos tradicionales, esta estrategia permite una caracterización multivariada no basada en germinación, reduce la dependencia de grandes volúmenes de muestra y facilita su implementación en bancos de germoplasma, programas de mejoramiento genético y sistemas de control de calidad en agroindustria.

Además, la sensibilidad del modelo para detectar alteraciones bioquímicas tempranas abre perspectivas para su aplicación en la evaluación de materias primas oleaginosas de alto valor, permitiendo establecer criterios de selección más precisos en función de la calidad potencial del aceite. Esta metodología también podría ser adaptada a otras semillas oleaginosas de interés comercial, contribuyendo así a la sostenibilidad y trazabilidad de la cadena de producción de aceites vegetales.

Palabras clave: espectroscopía FT-IR, Random Forest, viabilidad de semillas, clasificación supervisada, *Salvia hispanica* L., conservación ex situ, calidad fisiológica.

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE PARA LA DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN MUESTRAS LÁCTEAS

Castelli, M. L.^{a*}; Ramallo F.^a; Vajda J.^a, Raco F.^a, Rodriguez A.^a

^a Laboratorio de Cromatografía y Ensayos Especiales-Departamento Red de laboratorios Lácteos- Dirección de Metrología Química- INTI

* E-mail:mcastelli@inti.gob.ar

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue estudiar las contribuciones de las componentes de la incertidumbre asociada al sesgo del método de análisis del perfil de ácidos grasos (AG) en muestras lácteas, aplicando y comparando dos metodologías de estimación: a partir del uso de material de referencia y de participaciones en Ensayos Interlaboratorio.

Resumen

Una de las maneras de evaluar el sesgo para poder calcular la incertidumbre en una determinación analítica es mediante el uso de materiales de referencia certificados. Cuando no es posible contar con ellos, el sesgo puede estimarse de diversas maneras. Para este trabajo se evaluó la contribución del sesgo en la estimación de la incertidumbre utilizando un material de referencia (MR) y ensayos interlaboratorio (EIL), y se compararon las contribuciones al mismo.

Materiales y métodos

Para el siguiente trabajo se utilizó el material de referencia SRM 1869 Infant/Adult Nutritional Formula II (NIST) y, por otro lado, se analizaron los datos obtenidos de distintas rondas Interlaboratorio organizadas por BIPEA (leche en polvo y leche entera UHT). Respecto al método de análisis, el mismo se compone de tres etapas, basadas en las normas referidas en cada caso: Extracción de la materia grasa (1), esterificación de los AG (2) y por último cuantificación de los AG de la materia grasa por NA(3). La estimación de la incertidumbre por ambas metodologías se realizó según Handbook for Calculation of Measurement of Uncertainty in Environmental Laboratories (4).

Resultados y discusión

Una vez analizado el MR SRM 1869, se realizó la estimación de la incertidumbre de acuerdo a la Ecuación 1, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- la incertidumbre asociada al bias del material de referencia (bias)
- la incertidumbre de la repetibilidad de los resultados del material de referencia ($S_{bias}/\sqrt{n}$)
- la incertidumbre asociada al material de referencia ($u_{(CRef)}$)

$$u_{(bias)} = \sqrt{(bias)^2 + \left(\frac{S_{bias}}{\sqrt{n}}\right)^2} + u_{(CRef)} \quad (Ecuación 1)$$

En cuanto a las participaciones en interlaboratorios, la estimación de la incertidumbre se realizó de acuerdo a la Ecuación 2 teniendo en cuenta:

- la incertidumbre asociada al bias respecto al valor asignado (RMS_{bias})
- la incertidumbre asociada al valor asignado ($u_{(CRef)}$)

$$u_{(bias)} = \sqrt{RMS_{bias}^2 + u_{(CRef)}^2} \quad (Ecuación 2)$$

A los fines de evaluar cuál es la metodología que aporta menor incertidumbre para los AG estudiados, se tuvo en cuenta la incertidumbre global del método (Ecuación 3), la cual combina la incertidumbre proveniente del bias con la proveniente de la precisión intermedia del laboratorio determinada en la validación del método (R_w).

$$u_{combinada\ relativa} = \sqrt{u_{(bias)}^2 + u_R} \quad (Ecuación 3)$$

En las figuras 1 y 2 están representadas las componentes de la incertidumbre estimadas por ambas metodologías. Se puede visualizar para cada ácido graso la contribución de cada una de ellas.

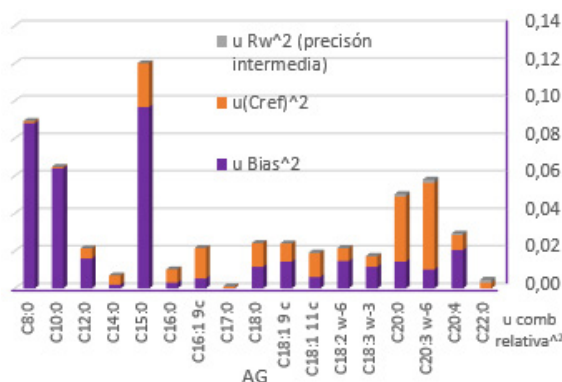


Figura 1: Contribuciones de cada componente de la incertidumbre global estimada mediante un MR

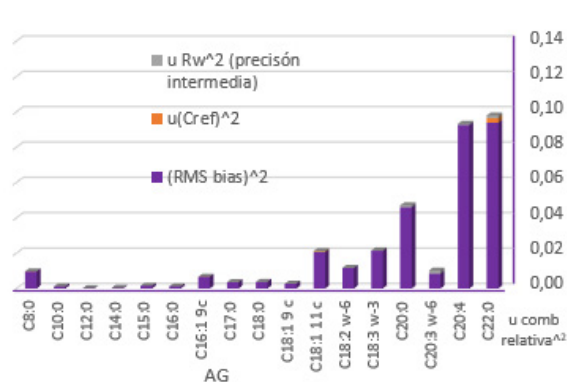


Figura 2: Contribuciones de cada componente de la incertidumbre global estimada mediante EIL

A partir de los gráficos se observa que, la contribución del bias a la incertidumbre global es mayor para los AG de cadena corta y media (C 8.0, C 10.0, C 15.0) estimados mediante el uso de MR (Fig. 1), respecto de los valores obtenidos mediante participaciones EIL (Fig. 2), donde se observan valores más altos para AG de cadena larga (C 20.0, C 20.4 y C 22.0).

Por otro lado, se observa una contribución importante a la incertidumbre global proveniente de la incertidumbre asociada al material de referencia con respecto a la obtenida mediante EIL ($u(CRef)^2$).

Conclusiones

En base al análisis de los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que en principio el

método de estimación de incertidumbre global a partir de los datos de participación en interlaboratorios sería más apropiado debido a que arroja una incertidumbre menor que el método a partir del uso de MR. Esto se debe a que el aporte de la $u(C_{ref})$ es demasiado elevado, teniendo en cuenta que es mayor que la precisión intermedia del método. Se concluye entonces que el MR utilizado no es apto para el uso previsto, y se necesita adquirir un MR de menor incertidumbre para repetir el presente estudio y evaluar cuál es la metodología más apropiada de acuerdo a los requisitos de incertidumbre objetivo del laboratorio.

Palabras claves: *Incertidumbre, ácidos grasos (AG), material de referencia (MR), ensayos interlaboratorio (EIL), normalización de áreas (NA)*

Bibliografía

- (1) International Dairy Federation (IDF). (1991). Determination of free fatty acids in milk and milk products (Bulletin No. 265).
- (2) ISO & IDF. (2002). Milk fat -Preparation of fatty acid methyl esters (ISO 15884:2002 / IDF 182:2002).
- (3) ISO & IDF (2002). Milk fat-Determination of fatty acid composition by gas-liquid chromatography (ISO 15885:2002 / IDF 184:2002).
- (4) Handbook for Calculation of Measurement of Uncertainty in Environmental Laboratories - Edition 4. Nordtest Report TR 537 Version 4.0 Noviembre 2017

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS ANALÍTICAS MEDIADAS POR IA PARA LA CARACTERIZACIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y AUTENTICACIÓN EN LA CADENA DE VALOR AGROINDUSTRIAL DE GRASAS Y ACEITES

Pablo L. Pisano* y Santiago A. Bortolato

Investigación y Desarrollo de Estrategias Analíticas Sostenibles (IDEAS), Instituto de Química Rosario (QUIR-CONICET), Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Rosario, Santa Fe, Argentina.

*E-mail: pisano@iquir-conicet.gov.ar

El control de calidad, la autenticidad y la seguridad alimentaria son aspectos críticos para la industria de grasas y aceites. Las adulteraciones mediante la mezcla de aceites de distinto origen, la presencia de contaminantes derivados de plásticos (ftalatos y otros disruptores endocrinos) o los procesos de oxidación representan desafíos que demandan soluciones analíticas innovadoras, rápidas y sostenibles. El grupo IDEAS es un equipo de investigación especializado en química analítica y quimiometría aplicada a la Agroindustria. Nuestro trabajo se enmarca en la creciente necesidad de garantizar la seguridad alimentaria y la autenticidad de los productos en la cadena agroalimentaria, según lo postula la FAO. Nos centramos en el diseño de metodologías analíticas innovadoras para el monitoreo, control de calidad, autenticidad, trazabilidad y detección de contaminantes o adulterantes en productos agroalimentarios, con un compromiso fundamental con la Química Analítica Verde. Un pilar integral de nuestros desarrollos es la Inteligencia Artificial (IA), la cual entendemos como una herramienta para potenciar soluciones transdisciplinarias y genuinamente innovadoras. La IA ha provocado un cambio disruptivo en la química analítica, y el grupo IDEAS propone un enfoque transdisciplinar que integra conocimientos de química, matemática, estadística y fisicoquímica para abordar problemas complejos de manera holística, superando la fragmentación del conocimiento. Diseñamos metodologías que combinan técnicas instrumentales modernas con herramientas matemáticas y estadísticas (quimiometría) para analizar la compleja composición química de los productos agroindustriales. Esta aproximación nos permite obtener perfiles químicos completos o “huellas dactilares” del producto, y extraer información clave incluso en presencia de compuestos mezclados o en bajas concentraciones, superando la superposición de señales químicas que los métodos tradicionales no logran resolver.

Nuestras capacidades son directamente aplicables y de gran relevancia para la industria de grasas y aceites, una de las matrices alimentarias en las que nos especializamos. Ofrecemos soluciones robustas para:

- Clasificación, caracterización, trazabilidad y autenticidad de aceites comestibles: identificando

patrones químicos característicos para discriminar productos por origen geográfico o variedad, o incluso por su proceso de elaboración.

- Control de calidad en materia prima y producto final: mediante análisis cromatográfico y espectral de los materiales de partida y productos finales en la cadena de producción.
- Detección de contaminantes y adulteraciones: desarrollamos métodos para la detección y cuantificación de un amplio rango de contaminantes en alimentos y bebidas. Por ejemplo, en estudios previos, se han desarrollado métodos para la detección y cuantificación de disruptores endocrinos derivados de plásticos (ftalatos) en leche bovina, empleando diversas metodologías extractivas y analíticas como la cromatografía y la espectrometría de masas (HPLC-DAD y GC-MS). Este enfoque aprovecha la “ventaja de segundo orden” de los datos multi-dimensionales, permitiendo la cuantificación de analitos incluso en presencia de interferentes desconocidos, reduciendo pre-tratamientos complejos y promoviendo metodologías sostenibles.
- Monitoreo en línea de procesos: aplicando modelos quimiométricos predictivos para un control eficiente en diversas etapas de la producción de grasas y aceites. La composición de una muestra puede obtenerse rápidamente de su espectro, correlacionando la información espectral con métodos analíticos de referencia. Las ventajas diferenciales de nuestro enfoque incluyen el análisis de datos complejos donde los métodos convencionales no son suficientes, la eficiencia y reducción de costos al minimizar la preparación de muestras y el uso de insumos químicos, la rapidez en el diagnóstico de calidad y autenticación, y la sostenibilidad ambiental al promover el uso de solventes más seguros y reducir residuos. Además, la versatilidad de nuestras metodologías permite su adaptación a diferentes productos agroindustriales y problemas analíticos.

Nuestras capacidades técnicas abarcan instrumentación avanzada como cromatografía líquida y gaseosa acoplada a espectrometría de masas (HPLC-DAD, LC-MS, GC-MS), resonancia magnética nuclear (RMN) y espectroscopía (UV-Vis, NIR, fluorescencia, FT-IR). Asimismo, contamos con una amplia gama de herramientas de modelado quimiométrico, incluyendo MCR-ALS, PCA, PLS, D-UPLS, FDA, PARAFAC, PARAFAC2, entre otros, para la resolución de mezclas, clasificación y cuantificación. Somos pioneros en el desarrollo de expresiones matemáticas para estimar rigurosamente cifras de mérito y contamos con vasta experiencia en programación de algoritmos quimiométricos en MATLAB.

En resumen, el grupo IDEAS integra el conocimiento en química, instrumentación analítica, matemática y computación, incluyendo el uso sensible de la IA, para transformar datos complejos en información clave. Esto nos permite ofrecer soluciones innovadoras, eficientes y sostenibles, desde la investigación y desarrollo hasta la prestación de servicios, para los desafíos analíticos complejos del sector agroindustrial, contribuyendo a la calidad, trazabilidad y seguridad de los alimentos. En este trabajo se presenta el estado actual de las plataformas analíticas mediadas por IA y se fundamenta la propuesta de convergencia del grupo IDEAS para el uso sensible de la IA dentro de un paradigma transdisciplinar para el desarrollo de respuestas analíticas genuinas.

Palabras claves: *quimiometría, inteligencia artificial, autenticación, control de calidad, trazabilidad.*

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS CROMATOGRÁFICOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN UN MATERIAL DE REFERENCIA

Ramallo F.^{a*}; Castelli, M. L.^a; Vajda J.^a; Raco F.^a, Rodriguez A^a

^a Laboratorio de Cromatografía y Ensayos Especiales-Departamento Red de Laboratorios Lácteos- Dirección de Metrología Química- INTI

* E-mail: framallo@inti.gob.ar

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue la comparación estadística de dos métodos cromatográficos para la determinación del perfil de ácidos grasos (AG) por Cromatografía Gaseosa con detector de ionización de llama (GC-FID) mediante la utilización de un material de referencia.

Resumen

La principal diferencia entre los métodos a evaluar radicó en el enfoque de cuantificación: uno basado en la normalización de áreas (cuantificación relativa) y otro en el uso de un estándar interno (cuantificación absoluta). Ambos procedimientos fueron desarrollados por el laboratorio basados en las normas correspondientes y validados de acuerdo con los requisitos de la Norma ISO 17025:2017. Adicionalmente, se analizó el efecto del uso de un factor de respuesta (FR), para compensar la variación en la sensibilidad del detector según la longitud de la cadena carbonada de cada ácido graso (AG). Esto dio lugar a cuatro combinaciones metodológicas: normalización de áreas (NA), estándar interno (EI), con y sin factor de respuesta.

Finalmente, y con el objetivo de evaluar el método más apropiado, se aplicó el criterio de bondad, considerando la incertidumbre del Material de Referencia (MR) y el desvío estándar de los datos, el cual permite determinar si existe diferencia significativa entre los valores obtenidos en cada método de cuantificación con el MR analizado.

Materiales y metodos

Para el siguiente trabajo se utilizó: MR SRM 1869 Infant/Adult Nutritional Formula II (NIST), metil undecanoato como estándar interno y Triacilglicerol (TAG). El análisis del perfil de AG consta de las siguientes etapas basadas en las normas referidas en cada caso: Extracción de la materia grasa (1), esterificación de los AG (2), agregado del EI y TAG (3) y cuantificación de los AG de la materia grasa por NA(3) y con EI (4).

Resultados

El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante un ANOVA de dos factores, considerando el tipo de metodología y la aplicación o no del factor de respuesta. Se analizaron los siguientes casos: NA con y sin FR (Tabla I), EI con y sin FR (Tabla II), NA vs EI sin FR (Tabla III) y NA vs EI con FR (Tabla IV). Si bien se estudió el perfil completo del MR, en las tablas se presentan los AG más representativos para la matriz analizada. Los resultados muestran diferencias significativas en el perfil de AG para las distintas combinaciones (Por cada Tabla las letras superíndices distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($\alpha < 0.05$)). Debido a lo expuesto y a fin de evaluar qué metodología es la más adecuada para el análisis de este material, se aplicó el criterio de bonanza (5) para determinar si existe diferencia significativa entre los valores obtenidos en cada método con los informados en el certificado del material de referencia analizado.

Valores de certificado del NIST	
	NIST Certificado (gAG/100 grasa)
C0:0	0.046 ± 0.021
C8:0	7.25 ± 0.50
C10:0	5.68 ± 0.33
C12:0	0.232 ± 0.034
C14:0	0.474 ± 0.068
C16:0	7.30 ± 1.24
C18:0	2.73 ± 0.62
C18:1 9c	36.8 ± 7.3
C18:1 11c	0.84 ± 0.19
C18:2 9c12c	27.77 ± 4.61
C18:3 9c12c15c	2.90 ± 0.43
C20:4	0.66 ± 0.12
C22:6 DHA	0.686 ± 0.079

Tabla I	
NA sin FR	NA con FR
0.046 ^a ± 0.007	0.063 ^b ± 0.010
5.64 ^a ± 0.27	6.70 ^b ± 0.32
4.71 ^a ± 0.18	5.26 ^b ± 0.20
0.210 ^a ± 0.003	0.222 ^b ± 0.003
0.463 ^a ± 0.007	0.468 ^a ± 0.007
7.66 ^a ± 0.04	7.81 ^b ± 0.05
3.04 ^a ± 0.03	3.00 ^a ± 0.03
40.5 ^a ± 0.2	39.6 ^b ± 0.3
0.94 ^a ± 0.01	0.92 ^b ± 0.01
30.72 ^a ± 0.10	29.79 ^b ± 0.12
3.21 ^a ± 0.01	3.19 ^b ± 0.03
0.74 ^a ± 0.001	0.770 ^a ± 0.004
0.730 ^a ± 0.004	0.770 ^a ± 0.004

Tabla II	
EI sin FR	EI con FR
0.031 ^a ± 0.009	0.039 ^b ± 0.012
5.56 ^a ± 0.25	6.18 ^b ± 0.32
4.73 ^a ± 0.19	4.88 ^b ± 0.22
0.217 ^a ± 0.004	0.212 ^a ± 0.006
0.488 ^a ± 0.009	0.455 ^b ± 0.012
7.81 ^a ± 0.09	7.30 ^b ± 0.15
3.10 ^a ± 0.04	2.83 ^b ± 0.06
41.5 ^a ± 0.5	37 ^b ± 4.8
0.96 ^a ± 0.01	0.86 ^b ± 0.02
31.41 ^a ± 0.39	28.12 ^b ± 0.60
3.28 ^a ± 0.04	3.01 ^b ± 0.07
0.749 ^a ± 0.012	0.69 ^a ± 0.067
0.749 ^a ± 0.012	0.729 ^b ± 0.017

Valores de certificado del NIST	
	NIST Certificado (gAG/100 grasa)
C0:0	0.046 ± 0.021
C8:0	7.25 ± 0.50
C10:0	5.68 ± 0.33
C12:0	0.232 ± 0.034
C14:0	0.474 ± 0.068
C16:0	7.30 ± 1.24
C18:0	2.73 ± 0.62
C18:1 9c	36.8 ± 7.3
C18:1 11c	0.84 ± 0.19
C18:2 9c12c	27.77 ± 4.61
C18:3 9c12c15c	2.90 ± 0.43
C20:4	0.66 ± 0.12
C22:6 DHA	0.686 ± 0.079

Tabla III	
NA sin FR	EI sin FR
0.046 ^a ± 0.007	0.031 ^a ± 0.009
5.64 ^a ± 0.27	5.56 ^a ± 0.25
4.71 ^a ± 0.18	4.73 ^a ± 0.19
0.210 ^a ± 0.003	0.217 ^a ± 0.004
0.463 ^a ± 0.007	0.488 ^a ± 0.009
7.66 ^a ± 0.04	7.81 ^a ± 0.09
3.04 ^a ± 0.03	3.10 ^a ± 0.04
40.5 ^a ± 0.2	41.5 ^a ± 0.5
0.94 ^a ± 0.01	0.96 ^a ± 0.01
30.72 ^a ± 0.10	31.41 ^a ± 0.39
3.21 ^a ± 0.01	3.28 ^a ± 0.04
0.74 ^a ± 0.001	0.749 ^a ± 0.012
0.730 ^a ± 0.004	0.749 ^a ± 0.012

Tabla IV	
NA con FR	EI con FR
0.063 ^b ± 0.010	0.039 ^b ± 0.012
6.70 ^b ± 0.32	6.18 ^b ± 0.32
5.26 ^b ± 0.20	4.88 ^b ± 0.22
0.222 ^b ± 0.003	0.212 ^a ± 0.006
0.468 ^a ± 0.007	0.455 ^b ± 0.012
7.81 ^b ± 0.05	7.30 ^b ± 0.15
3.00 ^a ± 0.03	2.83 ^b ± 0.06
39.6 ^b ± 0.3	37 ^b ± 4.8
0.92 ^b ± 0.01	0.86 ^b ± 0.02
29.79 ^b ± 0.12	28.12 ^b ± 0.60
3.19 ^b ± 0.03	3.01 ^b ± 0.07
0.770 ^a ± 0.004	0.69 ^a ± 0.067
0.770 ^a ± 0.004	0.729 ^b ± 0.017

Conclusiones

Los resultados obtenidos con la metodología de cuantificación con estándar interno cumplen con el criterio de bonanza para 83% (EI sin FR) y 87% (EI con FR) de los ácidos grasos estudiados, mientras

que, para la normalización de áreas cumple con el 90 % de los ácidos grasos analizados en ambos casos. Por lo tanto se concluye que, para las metodologías estudiadas, la normalización de áreas resulta la más exacta.

Palabras claves: *Ácidos grasos (AG), estándar interno (EI), normalización de áreas (NA), Cromatografía Gaseosa con detector de ionización de llama GC-FID*

Bibliografía

- (1) International Dairy Federation (IDF). (1991). Determination of free fatty acids in milk and milk products (Bulletin No. 265).
- (2) ISO & IDF. (2002). Milk fat -Preparation of fatty acid methyl esters (ISO 15884:2002 / IDF 182:2002).
- (3) ISO & IDF (2002). Milk fat-Determination of fatty acid composition by gas-liquid chromatography (ISO 15885:2002 / IDF 184:2002).
- (4) ISO & IDF (2015). Milk, milk products, infant formula and adult nutritionals - Determination of fatty acids composition - Capillary gas chromatographic method (ISO 16958:2015/IDF 231:2015).
- (5) Linsinger, T. (s.f.). Comparison of a measurement result with the certified value. ERM.

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO GRANOS Y LA CONCENTRACIÓN DE ACEITE EN CULTIVARES DE LINO (*LINUM USITATISSIMUM* L.) PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITES VEGETALES

Gallardo M.^{1*}, Milisich H.J.¹, Drago S.R.^{2,3}, González R.J.²

¹ INTA EEA Paraná, Argentina,

² ITA- FIQ- UNL, Santa Fe, Argentina,

³ CONICET, Argentina

* gallardo.maricel@inta.gob.ar

El lino es una oleaginosa de gran relevancia en diversas industrias, destacándose especialmente en la producción de aceites vegetales funcionales y biocompuestos. Su alto contenido de aceite y perfil único de ácidos grasos, especialmente el ácido α -linolénico (omega-3), le confiere un valor significativo en la industria alimentaria y en la salud humana, debido a los beneficios que este ácido graso esencial tiene sobre la salud cardiovascular. En un escenario global de creciente demanda de aceites vegetales sostenibles y funcionales, optimizar tanto el rendimiento de grano como la calidad del aceite en los cultivares de lino es un desafío clave para satisfacer las necesidades del mercado. A su vez, mejorar la acumulación de aceite en las semillas de lino, así como entender los factores agronómicos que influyen en estos parámetros, se convierte en un objetivo fundamental para la investigación agronómica y la biotecnología vegetal.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de grano y la concentración de aceite en diversas variedades de lino, con el fin de identificar los genotipos más prometedores y los factores que afectan la acumulación de aceite. El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Paraná, utilizando siete cultivares de lino: Baikal, ProINTA Lucero, Ceibal INTA, Panambí INTA, Carapé INTA, Tape INTA y Curundú INTA. Las parcelas fueron sembradas en dos fechas distintas: la primera siembra (FS1) se realizó el 11 de junio y la segunda (FS2) el 30 de julio. En total, se cosecharon 42 muestras correspondientes a tres repeticiones por cultivar en cada fecha de siembra. Las semillas fueron limpiadas manualmente para eliminar impurezas y luego almacenadas a $9^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ hasta su posterior análisis. El rendimiento de semilla se determinó a partir del peso cosechado en cada parcela, expresado en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. La concentración de aceite se cuantificó mediante resonancia magnética nuclear (RMN), una técnica no destructiva de alta precisión que permite analizar el aceite contenido en la semilla entera. Los resultados se expresaron como porcentaje de aceite sobre la base seca (% b.s.).

Las muestras fueron analizadas por triplicado y se aplicaron pruebas estadísticas para evaluar la significancia de los resultados. Se utilizó ANOVA y la prueba LSD al 95% de confianza para los datos que cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, y en caso contrario,

se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas tanto en el rendimiento de grano como en la concentración de aceite entre los cultivares evaluados. En cuanto al rendimiento de grano, el cultivar ProINTA Lucero presentó el mayor rendimiento promedio ($1988,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), seguido por Carapé INTA y Curundú INTA. Por el contrario, Tape INTA presentó el menor rendimiento en grano, con un promedio de $1366,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. La fecha de siembra tuvo un impacto significativo en el rendimiento de grano, siendo superior en la FS1 ($1950,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en comparación con la FS2 ($1515,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Esta diferencia representó un aumento de $434,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ por hectárea al sembrar temprano. Los cultivares como Panambí INTA y Curundú INTA presentaron una caída más pronunciada en su rendimiento cuando se sembraron en la fecha tardía.

En relación con la concentración de aceite, se encontraron diferencias significativas entre los cultivares evaluados, destacando a Curundú INTA, Baikal, Panambí INTA y Carapé INTA con los mayores valores de aceite. Por otro lado, Ceibal INTA, Tape INTA y ProINTA Lucero presentaron los valores más bajos. La fecha de siembra también tuvo un efecto importante sobre la concentración de aceite, siendo mayor en la FS1 ($42,3 \text{ g}/100\text{g}$) que en la FS2 ($40,5 \text{ g}/100\text{g}$). No se observó interacción significativa entre cultivar y fecha de siembra, lo que sugiere que los efectos observados en cuanto a rendimiento y contenido de aceite son consistentes y pueden considerarse de manera independiente.

Este estudio resalta la importancia de elegir correctamente tanto el cultivar como la fecha de siembra para maximizar tanto el rendimiento de grano como la concentración de aceite en el lino. La siembra temprana demostró ser beneficiosa para lograr rendimientos superiores y mayor contenido de aceite, lo que subraya la sensibilidad del cultivo a las condiciones ambientales durante el ciclo de llenado de grano. Entre los cultivares evaluados, Curundú INTA, Baikal, Panambí INTA y Carapé INTA mostraron el mejor desempeño en términos de contenido lipídico, mientras que ProINTA Lucero destacó por su rendimiento de grano. La ausencia de interacción significativa entre cultivar y fecha sugiere que los efectos de estos factores pueden ser considerados de forma independiente. Los hallazgos de este estudio proporcionan información valiosa para el mejoramiento genético del lino y para el desarrollo de estrategias agronómicas que apunten a la producción de aceites vegetales funcionales y sostenibles, en línea con las crecientes demandas del mercado global.

Palabras claves: *lino oleaginoso, cultivares, aceite, rendimiento, fecha de siembra.*

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE ACEITE DE SOJA EN LA REGIÓN NÚCLEO DE ARGENTINA.

Chialvo, E.^{1*}; Conde, MB.¹ y Mir, L.¹

¹ INTA EEA Marcos Juárez, Argentina.

* E-mail: chialvo.eugenia@inta.gob.ar

El cultivo de soja [*Glycinemax* (L.) Merrill] es uno de los principales commodity de los agronegocios tanto en Argentina (ARG) como a nivel mundial. La producción de soja en EE. UU., Brasil y ARG representa aproximadamente el 81% de la producción mundial, siendo ARG el tercer productor global de granos y el mayor exportador de harina y aceite de soja. En ARG es el cultivo más importante en superficie y productividad con aproximadamente 18 Mha alcanzando las 49,0 Mt/año. Siendo además, la soja, la que permite el mayor ingreso de divisas al país. A nivel regional, la zona núcleo aporta un 30% de la producción nacional y la provincia de Córdoba contribuye anualmente con más del 14 Mt. En la cadena de valor de la soja los tres destinos principales son exportación del poroto, comercialización de semillas e industrialización y consumo intermedio o exportación. En la expresión de la calidad y composición química del poroto de soja influyen factores ambientales, genéticos y de manejo del cultivo. El rendimiento y el contenido de aceite (MG) correlacionan positivamente, lo opuesto ocurre con la proteína (PROT) y generalmente éstos dos parámetros tienen relación inversa. ARG cuenta con uno de los polos más importantes del crushing a nivel mundial, localizado en las cercanías de los puertos, principalmente en el complejo aceitero Rosario, que ha impulsado el de una industria y tecnológica para la elaboración de aceites y harinas con participación en el internacional, marco ideal para contar con estudios sobre el MG del poroto que es uno de los principales parámetros de calidad requeridos por la industria y que los mismos sean de utilidad en todos los niveles de la cadena de la soja.

El objetivo de este trabajo fue conocer la evolución en una serie histórica de MG promedio de la soja producida en la región núcleo de ARG.

Para este estudio se consideraron los análisis de calidad del relevamiento que se lleva a cabo desde hace 28 años por el personal del laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas de la EEA INTA Marcos Juárez. Cada año durante la cosecha de soja se recolectan en acopios y cooperativas de la zona núcleo de Argentina muestras conjuntas representativas del calado de camiones distribuidos en las localidades del sudoeste y sur de Santa Fe, sudeste, sudoeste y noreste de Córdoba y norte de la provincia de Buenos Aires. Desde la campaña 1997/98 a 2024/25 todas las muestras fueron analizadas para determinar MG y PROT mediante un equipo NIT Infratec 1241, según la Norma AACC 39-21.

Si bien este estudio se centra en la evolución de MG del poroto de soja, no se puede dejar de referenciar a la PROT dada su importancia y estrecha relación con el MG. Ambos parámetros tienen incidencia directa en la calidad de los productos y subproductos derivados de soja como las harinas

desgrasadas y son clave en la cadena para cumplimentar estándares internacionales. Por este motivo en el gráfico 1 se puede observar la evolución de MG promedio en 28 años de análisis del commodity a la que se ha incluido la variable PROT. Allí podemos ver reflejadas las fluctuaciones anuales propias de cada campaña para ambos parámetros. Para MG se observa un mínimo en el año agrícola 2013/14 (21,7 %sss) y un máximo en 2015/16 (24,4 %sss), con una leve tendencia positiva. Si en particular nos situamos en el último quinquenio, el valor promedio de MG coincide con el contenido promedio de las 28 campañas siendo el mismo de 22,9 %sss. Respecto a PROT si bien se evidencia una caída en los primeros años del estudio, se puede apreciar a partir de 2018/19 una leve recuperación del parámetro que no se tradujo en un descenso de MG.

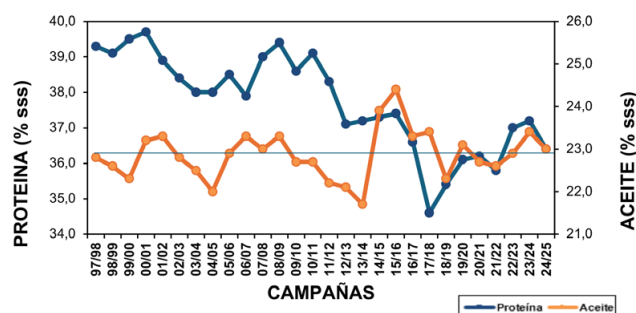


Gráfico 1. Evolución del contenido de aceite y proteína desde las campañas 1997/98 a 2024/25.

Profundizando en el objetivo del trabajo, en el gráfico 2 se presenta el MG promedio discriminando entre soja de 1^{ra} y 2^{da} considerando desde la campaña 2001/02 en que comenzó a realizarse el relevamiento con esta diferenciación. Puede observarse que existe un punto de diferencia en promedio entre ambas salvo en las campañas 2006/07 y 2015/16 donde se igualaron. El MG promedio histórico para soja de 1^{ra} fue de 23,4 %sss siendo el mismo que se obtuvo para el último quinquenio (2020/21 a 2024/25) con valores que muestran poca dispersión. Para soja de 2^{da}, el promedio superó en 10% al promedio histórico (22,3 %sss) mostrando valores con algo más de variabilidad que la de 1^{ra}. Del análisis se desprende que en 4 de las últimas 5 campañas se obtuvieron valores por encima del promedio histórico tanto para soja de 1^{ra} como de 2^{da}. Dentro de los factores que pueden afectar la expresión de MG, el efecto ambiental es uno de los más influyentes. Las temperaturas (T) elevadas por encima del rango ideal (25 a 28°C) tienen gran incidencia en el MG sintetizado por lo que a mayor T es esperable un aumento en el % del mismo durante el llenado de grano. Se continuará investigando las posibles causas de las observaciones, su evolución en el tiempo y su vinculación con productos y subproductos de la industrialización de la soja.

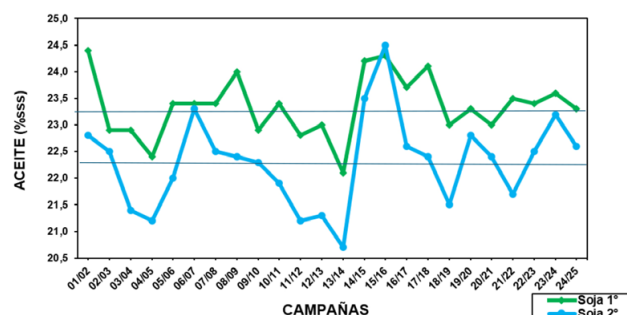


Gráfico 2. Evolución del contenido de aceite para soja de primera y segunda siembra. Campañas 2001/02 a 2024/25.

Palabras clave: calidad, soja, relevamiento, histórico.

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF SOYBEAN QUALITY IN ARGENTINA

Accoroni C.^{1*}, Magnano L.¹, Enrico J.M.¹, Santos D.J.², Gallardo M.A.², Mir L.R.³, Conde M.B.³, Chialvo E.³, Zelaya D.K.⁴, Orlando A.⁵, Rossi R.⁶

¹ INTA EEA Oliveros, Argentina,

² INTA EEA Paraná, Argentina,

³ INTA EEA Marcos Juárez, Argentina,

⁴ INTA EEA Famaillá, Argentina,

⁵ Greenlab, Argentina,

⁶ ACSoja, Argentina

* accoroni.cecilia@gmail.com

Soybean and its derivatives are important because of the several products obtained from proteins and oil fractions. Among its derivatives, meals, which are mostly used for animal feed, are the main export products, whereas crude oil is used to produce edible oils and biodiesel. Additionally, from a nutritional point of view, soybean is one of the main vegetable protein sources worldwide due to its high protein concentration (31-40% db) and its complete amino acid (AA) composition, especially its key amino acids (KAA) content. The term KAA refers to the sum of lysine, methionine, cysteine, threonine and tryptophan, which are the most relevant AA in animal production. Regarding soybeans' quality, previous research has shown that environment is a determining factor on protein concentration (PC) and its AA's composition, as well as on the relationship between them: KAA would be negatively correlated with PC, whereas arginine and glutamic acid would increase with PC. The main objective of this work was to study the compositional quality; PC, oil concentration (OC) and AA profile of Argentinean soybeans from georeferenced producers' fields from eight production zones (Core, South Buenos Aires, Entre Ríos, Southwest Córdoba, North Córdoba, Central Santa Fe, Northwest of Argentina (NOA) and Northeast of Argentina (NEA)), generating national maps from the information gathered.

During three harvests, soybean samples were on-farm collected by INTA rural extension staff. One sample was considered every 15,000 sown ha considering that 66.2% corresponded to soybean as a sole crop and 33.8% as double crop, accounting for a total of 550, 902 and 1,162 samples in 2020/21, 2021/22, and 2023/24, respectively. The samples came from eight zones: Core, Central Santa Fe, Entre Ríos, NEA, NOA, North Córdoba, Southwest Córdoba and South Buenos Aires. Sowing date, cultivar, type and fertilization dose, inoculation, lot geo-reference, previous crop and yield were recorded for each sample. Protein, oil and profat, expressed on a dry basis, were determined using near infrared spectroscopy (NIR DS2500 FOSS). Afterwards, three ranges were delimited (low, medium and high) based on samples' PC (n=1452, 2020/21 and 2021/22), using the 33rd and 66th percentiles. One third of the samples were selected (n=394) by systematic sampling to evaluate the complete AA profile by HPLC-MStQ.

National PC mean values were 36.6% (2020/21), 35.6% (2021/22) and 36.3% (2023/24), while OC were 23.0% (2020/21), 22.3% (2021/22) and 23.8% (2023/24). Finally, profatmean values were 59.5% (2020/21), 58.0% (2021/22) and 60.0% (2023/24). Figure 1 shows the map with samples collected over three years and their respective profat maps. Regarding zonal mean values: (a) NOA presented the highest protein values in 2020/21 and 2021/22 and Southwest Córdoba in 2023/24, while the lowest values correspond to Central Santa Fe in 2020/21 and Entre Ríos (2021/22 and 2023/24), (b) the highest oil mean values were in Central Santa Fe in 2020/21, Core in 2021/22 and NEA in 2023/24, whereas the lowest ones were recorded in South Buenos Aires repeatedly; (c) the highest profat levels were in NOA in 2020/21 and 2021/22, Central Santa Fe in 2023/24. South Buenos Aires presented the lowest mean values in the three periods.

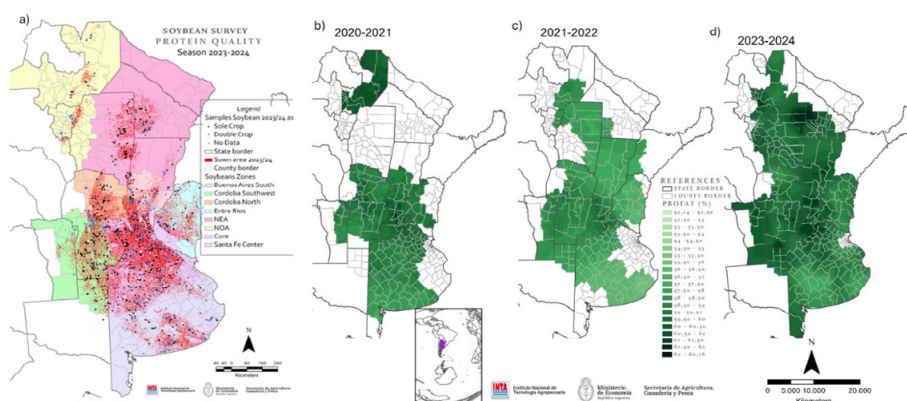


Figure 1. Maps: (a) sample collected points and profat; (b) 2020/21, (c) 2021/22, (d) 2023/24.

The AA evaluation indicated that national KAA (%) mean value increased from 14.4% in 2020/21 to 14.8% in 2021/22, and that both values are higher than the ones in literature. This increase has shown an internal redistribution of the five KAAs, with a decrease in lysine and tryptophan levels in many zones, and an increase in methionine, cysteine and threonine proportions. These results suggested possible compensation between KAAs. In addition, the Core zone, which is the main soybean contributing zone to the industry, showed lysine values close to 6%. Figure 2 shows KAA and its AAs' distribution in the different zones for the two years.

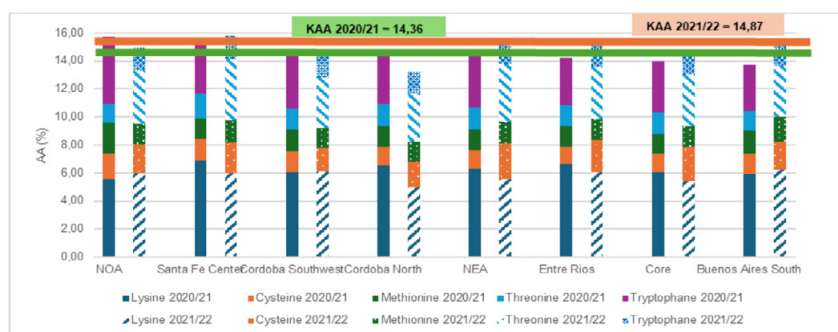


Figure 2. Distribution of AA that constitutes KAA in different zones (2020/21-2021/22)

From this triennial evaluation, we conclude that soybean quality depends on several factors, and it is necessary to continue analyzing new seasons and relationships between these variables to differen-

tiate zones by compositional and nutritional quality. These results provide valuable contributions to the national soybean quality characterization, useful to enhance agricultural production, food industry and animal feed. Finally, this work reflects the valuable interaction between producers, who provide samples and data, and professionals, who collect and provide data, so that the interdisciplinary and interinstitutional management group can carry out the corresponding analyses and reports. We are also grateful for the interest and support of the private sector for their contributions to this study.

Palabras clave: *soja, composición, proteína, aceite, profat, aminoácidos, geolocalización*

ASPECTOS ANALÍTICOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE ACEITE EN COLZA Y LA TEMPERATURA Y DURACIÓN DEL LLENADO

Coll L.^{1*}; Gallardo M.¹, Apella C.², Luna, I.M.³, López L.A.³, Druetta M.³, Bertón M.³, Gimenez, F.⁴, Waimann J.I.⁴

¹ INTA EEA Paraná, Argentina

² Chacra Experimental Integrada Barrow, Argentina

³ INTA EEA Quimilí, Argentina

⁴ INTA EEA Bordenave, Argentina

* coll.leonardo@inta.gob.ar

La demanda de aceite para producir biocombustibles y reducir la huella de carbono está creciendo intensamente y la colza es un commodity con posibilidades de ampliar fuertemente su área cultivada en Argentina. Desde hace muchos años INTA viene trabajando en distintos aspectos relacionados al manejo y el mejoramiento genético del cultivo tratando de maximizar el rendimiento y la calidad de colza. Recientemente CIARA (Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina) firmó un convenio con INTA para impulsar la difusión del cultivo en Argentina. Como parte de este convenio se plantea establecer una red multiambiental de ensayos de evaluación de cultivares. En este trabajo se analiza parte de la información generada en esta red.

El objetivo del trabajo fue analizar la relación entre la concentración de aceite en grano de diferentes cultivares primaverales y la ubicación temporal del llenado de las semillas de colza, la temperatura y la duración del llenado en tres localidades contrastantes de Argentina: Barrow (provincia de Buenos Aires), Paraná (Entre Ríos) y Quimilí (Santiago del Estero).

Se evaluaron diez cultivares primaverales de colza en las Estaciones Experimentales del INTA Paraná y Quimilí, y en la Chacra Experimental Integrada Barrow. La siembra se realizó en microparcels de 8 a 10 m², con distancias entre hileras de 19 a 35 cm, entre el 31 de mayo (Paraná) y el 5 de junio (Quimilí), fechas consideradas tardías para el cultivo. Se manejó la nutrición y el control de malezas e insectos, evitando limitaciones al rendimiento. Se siguió periódicamente la fenología de los cultivares haciendo hincapié en la floración y el llenado. La cosecha se realizó con cosechadora experimental o mediante trilla manual según el sitio de evaluación. La concentración de aceite se determinó mediante espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando un equipo FOSS DS2500 en el laboratorio de calidad de la EEA INTA Paraná. A partir de datos climáticos se calcularon las sumas térmicas a inicio de floración y durante el llenado de semillas (desde 15 a 35 días postfloración) para cada cultivar y localidad.

La concentración de aceite fue superior en Barrow y Paraná, con valores que oscilaron entre el 41% y el 46%, mientras que en Quimilí, todos los cultivares se ubicaron por debajo de la base de

comercialización. Al analizar la relación entre la fecha de floración y la concentración de aceite se observó que en general, tanto en Quimilí como en Paraná las floraciones más tardías correspondían a menores valores de aceite. Es probable que en estos ambientes las altas temperaturas primaverales sean capaces de producir estrés y acortar el llenado mientras que más al sur, en Barrow, el llenado de las semillas transcurre bajo temperaturas más adecuadas. Además, se ajustó un modelo plateau-linear en que a partir de duraciones mayores a 415 °Cdía de suma térmica en el llenado de semillas la concentración de aceite se reduce un 1% por cada 10 °Cdía ($r^2=0,82$; $p<0,0001$). Los resultados de este estudio evidencian que la concentración de aceite en colza está fuertemente influenciada por el ambiente, especialmente por la temperatura y su efecto en la duración del llenado de semillas. La identificación de ambientes con potencial para producir alto contenido de aceite en colza, cuáles son las principales variables involucradas y el ajuste del manejo agronómico es fundamental para una mayor eficiencia en la producción de biocombustibles.

Palabras claves: *canola, aceite, ambiente, llenado.*

ASPECTOS NUTRICIONALES

ÁCIDO EICOSAPENTAENOICO Y SUMATORIA DE ÁCIDOS GRASOS DE LA FAMILIA N-3 EN MEMBRANA ERITROCITARIA COMO BIOMARCADOR DE INGESTA DE ÁCIDO α -LINOLÉNICO

Emilse Negro^{1,2*}, Luciana Vera Candiotti^{1,2}, Claudio Bernal^{1,2}, Carolina Gerstner¹

¹ Cátedra de Bromatología y Nutrición. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Santa Fe, Argentina.

² CONICET, Santa Fe, Santa Fe, Argentina.

* E-mail: enegro@fbcb.edu.unl.ar

Resumen

Los ácidos grasos (AG) en eritrocitos han sido propuestos como biomarcadores de ingesta y metabolismo de lípidos. Los eritrocitos presentan la ventaja de ser fácilmente obtenidos, y numerosos estudios respaldan que las membranas de eritrocitos (ME) reflejan los cambios ocurridos durante su vida media (90-120 días). Además, la composición de AG en las ME representa, en promedio, el consumo de grasas de la dieta en los últimos 2 a 3 meses. Esto se diferencia con el perfil de AG en plasma que es considerado un mejor indicador de ingesta reciente de lípidos. Las ME contienen aproximadamente 60% de fosfolípidos, 30% de colesterol no esterificado y 10% de glicolípidos. Como el eritrocito no sintetiza AG *de novo*, la renovación de los fosfolípidos depende de diferentes factores, principalmente del intercambio de lípidos con las lipoproteínas plasmáticas y del metabolismo en diferentes tejidos, principalmente hígado. Por ello, el perfil de AG en ME además de indicar el tipo de AG ingerido, es considerado un potencial biomarcador del metabolismo y de patologías humanas incluyendo enfermedades inflamatorias. En particular, los AG poliinsaturados de cadena larga de la familia n-3 (LC-PUFA n-3, como ácido eicosapentaenoico –EPA- y ácido docosahexaenoico –DHA-) en eritrocitos han mostrado una mejor correlación con los lípidos dietarios que los AG monoinsaturados (MUFA) y saturados (SFA). Además, existe poca información sobre la correlación de LC-PUFA n-3 en eritrocitos en dietas con baja ingesta de estos AG, como lo es la dieta occidental.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el perfil de AG en la ME como posible biomarcador de exposición nutricional y su correlación con los AG dietarios y hepáticos en dietas conteniendo diferentes niveles y perfiles de grasa dietaria.

Para ello, se utilizaron ratas Wistar macho adultas, alimentadas durante ocho semanas con 6 dietas experimentales: S4 (4% aceite de soja), S20 (20% de aceite de soja), GA4 (2% aceite de soja + 2% grasa animal), GA20 (2% aceite de soja + 18% grasa animal), L4 (4% aceite de lino), L20 (20% aceite de lino). El aceite de lino virgen ha sido obtenido por prensado en frío, mostrando como principal AG el ácido α -linolénico (9c,12c,15c-18:3 -ALA-), el cual representó el 54% del total de los AG.

Se determinó la composición de AG en las dietas, en tejido hepático y ME mediante cromatografía gaseosa. Las correlaciones fueron analizadas en *Minitab* 17.0 utilizando el método de correlación de Pearson, con un nivel de significancia $p < 0,05$.

Los resultados mostraron que la elevada ingesta de ALA se tradujo en un incremento de su incorporación en el hígado, siendo la correlación $r = 0,872$ ($p < 0,05$); y esta mayor disponibilidad de sustrato favoreció la síntesis LC-PUFA n-3, como el EPA ($r = 0,974$, $p < 0,05$). Asimismo, se observó una correlación significativa entre la ingesta de ALA y el EPA en la ME ($r = 0,914$, $p < 0,05$). Tanto el contenido de EPA y como la Σ PUFA n-3 en el hígado guardaron una correlación significativa ($p < 0,05$) con sus contenidos en la ME ($r = 0,900$ y $r = 0,859$, respectivamente). Por el contrario, no se encontraron correlaciones significativas entre el contenido de ALA en hígado y ALA en ME, como tampoco entre el ALA dietario y el contenido de DHA en hígado y en ME, posiblemente debido a una inhibición por exceso de sustrato de la enzima $\Delta 6$ -desaturasa hepática.

Otro aspecto metabólico que se destaca son los indicadores de lipogénesis *de novo* que guardaron una correlación significativa ($p < 0,05$) con el incremento de grasa dietaria. Específicamente, el contenido de 9c-16:1 y la relación producto/sustrato 9c-16:1/16:0 (flujo de sustratos a través de la enzima SCD-1 -estearoil-CoA desaturasa-1-) mostraron una correlación significativa entre ME y tejido hepático ($r = 0,795$ y $r = 0,892$, respectivamente) ($p < 0,05$).

Estos hallazgos sugieren que la Σ PUFA n-3 y el contenido de EPA de la ME podrían utilizarse como biomarcadores de ingesta de ALA a mediano y largo plazo. Asimismo, bajos niveles de 9c-16:1 y de la relación 9c-16:1/16:0 en ME podrían ser indicativos de una reducida lipogénesis hepática. Estos biomarcadores podrían ser de gran utilidad para evaluar ingesta de AG de la familia n-3, como así también de alteraciones asociadas a una inhibida lipogénesis hepática.

Palabras clave: biomarcador de exposición nutricional, membrana eritrocitaria, ácidos grasos poliinsaturados.

ASPECTOS NUTRICIONALES

ÁCIDOS GRASOS ERITROCITARIOS COMO POTENCIALES BIOMARCADORES PERIFÉRICOS DEL METABOLISMO DE ÁCIDOS GRASOS HEPÁTICOS

Gisela Kuhn¹, Candela Suppo¹, Ana Fariña¹, Jimena Lavandera^{1,2*}, Claudio Bernal^{1,2}

¹ Cátedra de Bromatología y Nutrición. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Pcia. Santa Fe, Argentina.

² CONICET, Santa Fe, Pcia. Santa Fe, Argentina.

* E-mail: jlavandera@fbc.edu.unl.ar

Ha sido propuesto que la composición de ácidos grasos (AG) y sus relaciones producto/sustrato en eritrocitos, podrían reflejar de forma periférica y no invasiva el perfil lipídico hepático, como la actividad de enzimas claves de la lipogénesis. Esto ha permitido considerar a los eritrocitos como potenciales biomarcadores de interés para evaluar ingesta de lípidos y alteraciones metabólicas observadas en enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como obesidad, esteatosis hepática y síndrome metabólico. Entre los modelos experimentales aplicados para estudiar dichas ECNT, se encuentran el de roedores alimentados con dietas ricas en grasas y carbohidratos simples, que caracteriza a la dieta de cafetería (CAF).

El objetivo del presente estudio fue evaluar si el perfil de AG eritrocitarios refleja la composición de AG en hígado, y si a través de los mismos es posible inferir cambios en el flujo a través de enzimas claves asociadas a la lipogénesis y a la elongación de AG poliinsaturados (AGPI).

Para tal fin, se utilizaron ratas Wistar macho adultas alimentadas durante 10 semanas con algunas de las tres dietas: control (C, 4% aceite de soja), CAF (35% lípidos) y CAF+ALv (25% lípidos + 9% Aceite de Lino virgen). El ALv empleado fue obtenido por prensado en frío, mostrando 54% de ácido α -linolénico (9c,12c,15c-18:3 -ALA-). Se determinó la composición de AG en hígado y eritrocitos mediante cromatografía gaseosa, y se cuantificó por PCR en Tiempo Real la expresión de los genes $\Delta 9$ -desaturasa (SCD1) y AG sintetasa (FAS) que codifican enzimas claves de la lipogénesis hepática. Se aplicaron los siguientes análisis estadísticos: *t-test*, *ANOVA One-Way*, test de Tukey y correlación de Pearson, según corresponda. La significancia estadística se fijó con $p < 0,05$.

Los resultados mostraron correlaciones significativas entre eritrocitos e hígado para los AG implicados en lipogénesis *de novo*: 9c-16:1 ($r=0,865$), 11c-18:1 ($r=0,962$) y para las relaciones producto/sustrato: 9c-16:1/16:0 ($r=0,952$) y 9c-18:1/18:0 ($r=0,780$). Los AG eritrocitarios y sus relaciones reflejaron los niveles de AG y el flujo a través de la enzima SCD1 hepática. En comparación con el grupo control (C), los grupos alimentados con dietas CAF y CAF+ALv presentaron una marcada depleción en la lipogénesis, lo cual se correlacionó con la reducción de la expresión de los genes que codifican las enzimas SCD1 (-98% y -96%) y FAS (-83% y -26%). Las correlaciones entre los niveles de AG en

eritrocitos e hígado fueron elevadas para $9c-16:1$ ($r=0,949$), $11c-18:1$ ($r=0,953$), y las relaciones producto/sustrato: $9c-16:1/16:0$ ($r=0,963$) y $9c-18:1/18:0$ ($r=0,752$) eritrocitarios fueron asociadas a la expresión de la SCD1 hepática, lo que respalda el uso de eritrocitos como indicadores periféricos para evidenciar la lipogénesis hepática. Por otro lado, la elevada ingesta de ALA en el grupo CAF+ALV se tradujo en un incremento de su incorporación hepática. Esta mayor disponibilidad de sustrato favoreció la síntesis del ácido eicosapentaenoico ($5c,8c,11c,14c,17c-20:5$ -EPA-) y del ácido docosapentaenoico ($7c,10c,13c,16c,19c-22:5$ -DPA-), pero no de ácido docosahexaenoico ($4c,7c,10c,13c,16c,19c-22:5$ -DHA) en el hígado, lo cual se reflejó de igual manera en eritrocitos. Se observaron correlaciones significativas ($p<0,05$) en los niveles de ALA ($r=0,971$), EPA ($r=0,987$) y DPA ($r=0,968$) entre hígado y eritrocitos. La ausencia de cambios en los niveles de DHA posiblemente ha sido debido a una inhibición por exceso de sustrato de la enzima $\Delta 6$ -desaturasa. Estos resultados muestran que el perfil eritrocitario resultó sensible a los cambios de lípidos dietarios. La alta correlación entre el nivel de ciertos AG individuales, como de sus relaciones producto/sustrato, en hígado y eritrocitos respalda el uso de AG eritrocitarios como biomarcadores periféricos confiables del estado metabólico hepático, especialmente en vías de lipogénesis *de novo* y elongación de AGPI.

Estos hallazgos pueden tener implicancias relevantes en el conocimiento del metabolismo lipídico, la nutrición y potencialmente, en el seguimiento de enfermedades metabólicas. Este estudio empleando eritrocitos como herramienta no invasiva para monitorear cambios metabólicos inducidos por la dieta extiende las aplicaciones como biomarcador, siendo de utilidad como estrategia de alto valor en la medicina traslacional.

Palabras clave: biomarcador, eritrocitos, lipogénesis, ácidos grasos poliinsaturados, desaturasas.

ASPECTOS NUTRICIONALES

EFFECTOS NUTRIGENÓMICOS DE LÍPIDOS FUNCIONALES EN LA REVERSIÓN DE ESTEATOSIS HEPÁTICA EN UN MODELO EXPERIMENTAL

Gisela Kuhn^{1*}, Candela Wagner¹, Jimena Lavandera^{1,2}, Claudio Bernal^{1,2}

¹ Cátedra de Bromatología y Nutrición. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Pcia. de Santa Fe, Argentina.

² CONICET, Santa Fe, Pcia. de Santa Fe, Argentina.

* E-mail: gkuhn@fbcb.edu.unl.ar

La enfermedad esteatótica hepática (SLD) se caracteriza por una acumulación excesiva de lípidos en los hepatocitos, usualmente asociada a disfunciones metabólicas. Esta patología posee mayor incidencia en países occidentales, donde se asocia a trastornos comunes en enfermedades como dislipemias, diabetes, obesidad e inflamación. Animales alimentados con dietas hipercalóricas, ricas en grasas saturadas y carbohidratos simples, como las dietas de cafetería (CAF), constituyen un modelo experimental adecuado para el estudio de la SLD.

Algunos compuestos bioactivos, como los conjugados del ácido linoleico (CLA), tocoferoles (TF) y fitoesteres (FE) poseen propiedades funcionales que pueden mitigar distintas alteraciones en el metabolismo lipídico. Entre otros efectos, los CLA son conocidos por su capacidad lipolítica; los TF por su acción antioxidante, y los FE por su efecto hipocolesterolémico. Estos lípidos funcionales (LF) pueden modular la expresión de genes clave en la lipogénesis como SREBP-1c, FAS, ACC1 y SCD1, así como en la oxidación de ácidos grasos, como PPAR α y CPT1, permitiendo un restablecimiento del equilibrio metabólico hepático.

El objetivo del presente trabajo fue investigar el potencial efecto benéfico de estos LF y algunos mecanismos involucrados en la reversión del daño hepático inducido por una dieta CAF en ratas Wistar macho adultas. Los animales fueron inicialmente alimentados durante 14 semanas (período de inducción de esteatosis hepática) con una dieta control (C), formulada según las recomendaciones del American Institute of Nutrition (AIN-93M) conteniendo 4% de lípidos dietarios, o con una dieta CAF, rica en grasas saturadas (35%) y azúcares simples. Luego en el período de potencial reversión (9 semanas), el grupo C siguió con la misma dieta (C/C), mientras que los animales alimentados con la dieta CAF fueron redistribuidos en diferentes grupos. Uno de ellos continuó con dieta CAF (CAF/CAF), y los demás recibieron: dieta control (CAF/C), dieta control con CLA al 1% (CAF/CLA), dieta control con mezcla de TF y FE al 0,5% cada uno (CAF/TF+FE), y dieta control con la combinación de todos los LF: CLA, TF y FE (CAF/LF).

A nivel hepático, se determinó la expresión relativa de genes claves involucrados en la lipogénesis (SREBP-1c, SCD1, FAS, ACC1) y la β -oxidación (PPAR α , CPT1) mediante PCR en Tiempo Real. Además, se realizaron análisis histológicos utilizando cortes teñidos con Hematoxilina y Eosina (H&E),

cuantificando los porcentajes de microesteatosis y macroesteatosis a través del software ImageJ. Se consideró esteatosis a la presencia de vacuolas lipídicas (macro o microvacuolas), en más del 5% de los hepatocitos. Los resultados fueron analizados mediante *t* de Student y análisis de varianza (ANOVA) con prueba *post hoc* de Tukey para comparaciones múltiples, según corresponda. Se consideró un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo.

Los resultados obtenidos permitieron observar una clara inducción de daño hepático en los animales del grupo CAF/CAF, con un promedio de macroesteatosis del 16,9% y microesteatosis del 36,3%, valores considerablemente superiores a los observados en el grupo C/C, que presentó 1,3% de macroesteatosis y 6,4% de microesteatosis. En cuanto a la expresión de genes relacionados con la lipogénesis, se evidenció una disminución de FAS (-27%), SCD1 (-93%), ACC1 (-64%) y SREBP-1c (-12%) en comparación con el grupo C/C. Esta disminución podría estar asociada al elevado aporte de lípidos exógenos provenientes de la dieta. Asimismo, los genes vinculados a la β -oxidación también mostraron una reducción: CPT1 (-43%) y PPAR α (-36), en relación con el grupo C/C, lo que sugiere una disminución en la capacidad del hígado para oxidar ácidos grasos, favoreciendo así su acumulación y contribuyendo al desarrollo de esteatosis hepática.

Por otra parte, los animales esteatóticos (CAF) que modificaron el tratamiento dietario recibiendo dieta control (CAF/C) redujeron significativamente la acumulación de lípidos hepáticos, mostrando una macroesteatosis de 2,9% y microesteatosis 14,6%. No obstante, la modificación dietaria con lípidos bioactivos presentó un efecto más notorio. Los grupos CAF/CLA, CAF/TF+FE y CAF/LF presentaron menor porcentaje de macroesteatosis (0,8%, 2,6% y 0,8%, respectivamente) y microesteatosis (6,1%, 12,3% y 4,0%, respectivamente). Este marcado descenso en la acumulación lipídica se relacionó con una significativa reducción en la expresión de genes lipogénicos. Los resultados mostraron que la expresión génica de la enzima ACC1 disminuyó 34%, 53% y 60% en los grupos CAF/CLA, CAF/TF+FE y CAF/LF versus CAF/C. Asimismo, el factor de transcripción de enzimas lipogénicas SREBP-1c disminuyó en forma paralela alcanzando diferencias significativas sólo para el grupo con LF (CAF/CLA, CAF/TF+FE y CAF/LF: -16%, -11% y -32%, versus CAF/C). Además, los genes relacionados con la β -oxidación mostraron un incremento significativo en el grupo CAF/LF, con aumentos de CPT1 (+57%) y PPAR α (+36%) en comparación con CAF/C.

En resumen, los lípidos bioactivos CLA, TF y FE mostraron un marcado efecto en la reversión de la esteatosis hepática inducida por la dieta CAF. Este efecto se observa sinérgicamente potenciado por la presencia de ellos en forma conjunta. Los mecanismos involucrados estarían asociados a la regulación de la expresión génica de factores de transcripción y enzimas claves asociadas a la lipogénesis y β -oxidación.

Estos hallazgos refuerzan el potencial de los LF como una estrategia nutricional integrada y prometedora para revertir el daño hepático inducido por dietas hipercalóricas, como la dieta CAF.

Palabras claves: SLD, CLA, tocoferoles, fitoesteroles, lípidos funcionales, nutrigenómica.

ASPECTOS NUTRICIONALES

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ACEITE EN CULTIVARES DE COLZA (*BRASSICA NAPUS* L.) EN CUATRO REGIONES AGROECOLÓGICAS DE ARGENTINA

Gallardo M.^{1*}; Coll L.¹, Apella C.², Luna, I.M.³, López L.A.³, Druetta M.³, Bertón M.³, Gimenez, F.⁴, Waimann J.I.⁴

¹ INTA EEA Paraná, Argentina

² Chacra Experimental Integrada Barrow, Argentina

³ INTA EEA Quimilí, Argentina

⁴ INTA EEA Bordenave, Argentina

* E-mail: gallardo.maricel@inta.gob.ar

La colza es una oleaginosa de invierno que ha adquirido relevancia en los sistemas productivos argentinos por su potencial de rendimiento, alto contenido de aceite y su contribución a la diversificación de cultivos en rotaciones agrícolas sustentables. En Argentina, la concentración promedio de aceite en colza se encuentra alrededor del 40%-45%, lo que la convierte en una fuente importante de aceite para diversos usos industriales, destacándose la elaboración de alimentos y la producción de biocombustibles, especialmente el biodiésel. Esta doble aptitud le otorga un valor estratégico en contextos donde se busca compatibilizar la seguridad alimentaria con la transición hacia fuentes de energía renovable. La concentración de aceite en el grano de colza es uno de los principales atributos de calidad, con un impacto directo en su valor comercial e industrial. Conocer el comportamiento de distintos cultivares en ambientes contrastantes resulta fundamental para orientar estrategias de mejoramiento genético y manejo agronómico eficiente.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la concentración de aceite en grano de diferentes cultivares primaverales de colza sembrados en cuatro localidades representativas de diferentes regiones agroecológicas de Argentina: Barrow y Bordenave (provincia de Buenos Aires), Paraná (Entre Ríos) y Quimilí (Santiago del Estero). Paraná, Barrow y Bordenave presentan clima templado pampeano, mientras que Quimilí cuenta con clima cálido subtropical con estación seca, lo que refleja importantes contrastes climáticos (temperatura y régimen hídrico) y edáficos, permitiendo evaluar la influencia ambiental sobre este parámetro.

Se evaluaron diez cultivares primaverales de colza (Delfina INTA, Macacha INTA, Ceres IMI, Exp TT IMI, Drago, Lumen, Hyola Continuum CL, Hyola Solstice CL, ALHT 1040

y ALHT 1060). Los ensayos se establecieron en las Estaciones Experimentales del INTA Bordenave, Paraná y Quimilí, y en la Chacra Experimental Integrada Barrow. En algunos sitios se incorporaron cultivares adicionales de referencia (Diamond, Floriana INTA y Nuola 300). La siembra se realizó en microparcelas de 8 a 10 m², con distancias entre hileras de 19 a 35 cm, entre el 31 de

mayo (Paraná) y el 26 de junio (Bordenave), fechas consideradas tardías para el cultivo. Se realizó un manejo agronómico adecuado en nutrición y control de malezas e insectos, evitando limitaciones al rendimiento. La cosecha se realizó en madurez comercial, con cosechadora experimental o mediante trilla manual según el sitio de evaluación. La concentración de aceite se determinó mediante espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando un equipo FOSS DS2500 en el laboratorio de calidad de la EEA INTA Paraná. Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$), se compararon las medias con la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher (LSD).

La concentración de aceite fue superior en Barrow, con valores que oscilaron entre el 41% y el 46%, seguidamente Paraná, donde la mayoría superó la base de comercialización del 43%, destacándose algunos cultivares con más de 45%. En Bordenave, los valores fueron intermedios, variando entre el 38,5% y el 44,5%. Por su parte, en Quimilí, todos los cultivares se ubicaron por debajo de la base de comercialización, lo que se atribuye a las condiciones ambientales adversas, como el estrés térmico y la falta de agua.

El contenido de aceite en colza mostró una fuerte dependencia del ambiente, con diferencias notables entre las localidades evaluadas. Barrow y Paraná presentaron condiciones más favorables, mientras que Quimilí fue el entorno más restrictivo, principalmente debido al estrés térmico e hídrico. Los cultivares que alcanzaron las concentraciones más elevadas de aceite (superiores al 45%) fueron Nuola 300, Ceres IMI, Diamond, HyolaSolstice CL y Hyola 433, lo que destaca su potencial en regiones donde se buscan altas concentraciones de aceite. La identificación de cultivares con alto contenido de aceite es estratégica para su uso tanto en la industria alimentaria como en la producción de biocombustibles.

Palabras claves: *colza, aceite, cultivares, ambiente.*

ASPECTOS NUTRICIONALES

LINO OLEAGINOSO (*LINUM USITATISSIMUM* L.): UN SUPERALIMENTO PARA LA INDUSTRIA DE GRASAS Y ACEITES

Gallardo M.^{1*}; Drago S.R.^{2,3}; González R.J.²; Milisich H.J.¹

¹ INTA EEA Paraná, Argentina,

² ITA- FIQ –UNL, Santa Fe, Argentina,

³ CONICET, Argentina

* E-mail: gallardo.maricel@inta.gob.ar

El lino oleaginoso ha adquirido creciente importancia en la industria de grasas y aceites debido a su distinguida composición nutricional. Es especialmente valorado por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, entre los que se destaca el ácido alfa-linolénico (ALA), un omega-3 esencial con reconocidos beneficios para la salud cardiovascular, la función antiinflamatoria y la prevención de enfermedades metabólicas. A su vez, el contenido proteico de esta semilla, adecuado tanto para el consumo humano como animal, refuerza su potencial como ingrediente multifuncional y sustentable en la formulación de productos innovadores y saludables.

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar el perfil de ácidos grasos y el contenido proteico de semillas de lino, evaluando el efecto del cultivar y la fecha de siembra sobre dichos parámetros. La caracterización precisa de estos componentes permite no solo comprender mejor las propiedades funcionales y tecnológicas del lino, sino también identificar estrategias que optimicen su aprovechamiento industrial, desde la obtención de aceites de alta calidad hasta la formulación de alimentos funcionales.

El ensayo se realizó en la EEA INTA Paraná, con siete cultivares de lino sembrados en dos fechas distintas (11 de junio y 30 de julio), con tres repeticiones por tratamiento. Se recolectaron 42 muestras, cuyas semillas fueron limpiadas, almacenadas a 9 °C y molidas con malla de 1 mm. La harina se desgrasó mediante extracción Soxhlet con *n*-hexano (60–70°C, 8 h) y se determinó el contenido proteico por el método de Kjeldahl (factor 6,25). Para el perfil lipídico, se prepararon ésteres metílicos y se analizaron por cromatografía gaseosa (HRGC-3000C). Los datos se procesaron con el software IST-Crom y se expresaron en g/100 g de aceite.

Los resultados indicaron que tanto el cultivar como la fecha de siembra influyeron significativamente en el contenido de proteínas. Entre los cultivares, Tape Paraná INTA presentó el mayor contenido proteico, mientras que Carapé INTA mostró el valor más bajo. En cuanto a la fecha de siembra, la FS2 condujo a mayores contenidos proteicos en algunos cultivares, como Panambí INTA. El cultivar ProINTA Lucero, en cambio, mostró un menor contenido proteico en esta fecha. Estos resultados resaltan la interacción entre factores genéticos y ambientales en la calidad nutricional del lino.

Respecto al perfil lipídico, los principales ácidos grasos identificados fueron: ácido oleico (pro-

medio: 30,2 g/100 g de aceite), linoleico (15,5 g/100 g) y linolénico (48,0 g/100 g), los cuales representan la fracción insaturada predominante. El ácido linolénico fue el más abundante en todos los cultivares, y su alto contenido posiciona al lino como una fuente vegetal sobresaliente de omega-3. No se observaron diferencias significativas en el contenido de linolénico entre cultivares ni fechas de siembra, lo que sugiere una estabilidad genética de esta característica. En cambio, sí se detectaron diferencias significativas en los contenidos de ácidos oleico y linoleico entre cultivares, lo cual podría incidir en la estabilidad oxidativa y funcionalidad del aceite.

En cuanto a los ácidos grasos saturados, el ácido palmítico presentó un valor promedio de 6,6 g/100 g, mientras que el ácido esteárico alcanzó 7,4 g/100 g de aceite. Ambos mostraron variaciones significativas entre cultivares, aunque la fecha de siembra no tuvo un efecto relevante. Este patrón sugiere que las diferencias en la fracción saturada también dependen en gran medida del genotipo.

Los hallazgos de este trabajo tienen implicancias relevantes para la industria. La alta proporción de ácidos grasos insaturados, en particular del ALA, respalda el uso del lino en productos funcionales orientados a la salud. Asimismo, el contenido proteico variable según el cultivar y la siembra proporciona una base para seleccionar materiales genéticos y estrategias agronómicas que maximicen el valor nutricional del cultivo. Esta información resulta clave tanto para productores como para la industria transformadora, que busca ingredientes diferenciados en funcionalidad, estabilidad y perfil saludable.

Al comprender mejor cómo influyen estos factores en la composición de la semilla, se abren nuevas posibilidades para su valorización industrial. Los resultados aquí presentados constituyen un insumo fundamental para el desarrollo de nuevos productos en el ámbito de las grasas y aceites, alineados con las tendencias actuales de consumo consciente, salud y sostenibilidad.

Palabras claves: *lino oleaginoso, ácidos grasos, proteínas, aceites funcionales, industria alimentaria.*

ASPECTOS NUTRICIONALES

OPTIMIZACIÓN DE CULTIVO DE CHLORELLA SP PARA AUMENTAR EL CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3

Maria de los Ángeles Aquino, Sofía Aznarez, Lucía Bonanni, Joaquín Cardozo, Ana Paula Rojo, Nadia Segura*, Nicolás Callejas.

Área Grasas y Aceites, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CYTAL), Facultad de Química, Universidad de la República (UDELAR), Montevideo, Uruguay

* E-mail: nsegura@fq.edu.uy

Las microalgas son consideradas como una fuente ideal para la producción sostenible de macromoléculas, tales como lípidos, proteínas y glúcidos. Su gran capacidad para soportar condiciones ambientales adversas y su alta eficiencia fotosintética, conducen a una elevada productividad de biomasa bajo cortos periodos de tiempo.

Los lípidos en las microalgas están compuestos de lípidos polares y neutros. Los ácidos grasos son los constituyentes fundamentales de los lípidos mencionados y se clasifican de acuerdo con el número de átomos de carbono en la cadena y el número de dobles enlaces.

La familia de los omega (omega 3, 6 y 9) difieren en el largo, número y posición de los dobles enlaces en su cadena carbonada. Los omega 3 son un tipo de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) ya que presentan más de una insaturación en su estructura, siendo los más representativos el ácido α -linolénico (ALA), el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), éstos últimos dos se consideran los PUFAs de mayor relevancia. Lo mencionado anteriormente se debe al rol esencial que cumplen en la mejora cardiovascular y la disminución de los triglicéridos en sangre. Además, tienen amplios beneficios en el desarrollo y mantenimiento de ciertas funciones cerebrales, y en el manejo del comportamiento.

Las microalgas son un grupo de microorganismos fotosintéticos unicelulares procariontes (cianobacterias) y eucariontes, distribuidas principalmente en el agua. En particular, la *Chlorella sp.* es un género de microalga que presenta múltiples ventajas como su bajo costo y fácil cultivo, alta velocidad de crecimiento y la habilidad de adaptarse a diferentes ambientes.

Dado que las microalgas actúan como suministro esencial de alimento para diversos organismos acuáticos, presentan una gran capacidad para almacenar altas concentraciones de omega 3. Por esto las microalgas se han convertido en una fuente de omega 3 con alto potencial. La producción y acumulación de lípidos en las microalgas depende principalmente de la especie, pero también es afectada por condiciones del cultivo, como lo son la disponibilidad de nutrientes, salinidad, períodos e intensidad de luz, temperatura, pH, entre otros. En el caso de *Chlorella sp.* se destaca el efecto de la luz que recibe la microalga, así como la fuente de nitrógeno que ofrece el medio de cultivo.

En el presente trabajo se analizó el efecto del cultivo de *Chlorella sp.* en dos medios cuya única

diferencia fue la fuente de nitrógeno, en uno se utilizó el nitrato de potasio (MN), mientras que en el otro se utilizó urea (MU). También se observó el efecto del cambio de MN a MU con adaptación previa al mismo (MUA) y sin ella (MUS). La luz aplicada fue continua en todos los casos.

Se prepararon los medios de cultivo utilizando el medio basal de bold específico para *Chlorella* sp. ajustándose el pH final en un rango de 6.8 ± 0.2 . Este medio tiene como principal fuente de nitrógeno al nitrato de Potasio (MN). Luego se preparó el otro medio reemplazándose únicamente el nitrato de potasio por urea (MU). Se realizó una adaptación del medio de cultivo nitrato a uno con urea, para esto se fue aumentando progresivamente la proporción del medio de cultivo con urea (MUA), mientras que en el otro caso se realizó un cambio brusco, pasando directamente al medio de cultivo con urea (MUS). Se llevó a cabo el crecimiento de las microalgas en cada medio hasta que se encuentran en su fase exponencial para proceder a la extracción, asistida con ultrasonido, de los lípidos utilizando una mezcla de solventes hexano/isopropanol (3:2 v/v). Luego los lípidos fueron caracterizados mediante la composición en ácidos grasos previa derivatización a sus ésteres metílicos correspondientes de acuerdo al método AOCS Ce 2-66. Se utilizó un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2010 equipado con FID y una columna capilar SUPELCO SP-2560 (100m x 0.25mm x 0.20 μ m).

Los resultados mostraron un bajo contenido lipídico en MUS en comparación con MUA (4 y 18 %, respectivamente). La composición en ácidos grasos mostró en los tres medios analizados que el ácido palmítico (16:0), ácido oleico (18:1), ácido linoleico (18:2) y ALA fueron los mayoritarios. Se destacó un alto contenido de ALA en MUS en comparación con MUA (33 y 11 %, respectivamente).

Se encontró para todos los medios bajos valores de EPA y DHA (menos de 0,3 %), no observándose cambios apreciables en los contenidos al cambiar la fuente principal de nitrato por urea. MUA fue la condición que permitió el mayor contenido de EPA (0,25%), en cambio MUS permitió el mayor contenido en DHA (0,09%).

Estos resultados evidenciaron que la microalga presentó muy buenos contenidos de ácidos grasos omega-3, siendo el tipo de omega-3 predominante el 18:3. Lo anterior muestra que *Chlorella* sp. representa una fuente vegetal alternativa de este omega-3 en particular. Se observó que a la hora de priorizar el contenido lipídico, el medio indicado es MUA. Sin embargo, el contenido en 18:3 decae fuertemente. Por lo tanto la selección de medios y condiciones dependerá fundamentalmente del interés que se busque y sus posibles aplicaciones.

Palabras clave: *Chlorella*, omega-3, medios de cultivo, fuentes de nitrógeno.

BIOCOMBUSTIBLES

DISEÑO DE PROCESOS DE REESTERIFICACION ACEITES ACIDOS

Rodolfo Ariel Cabrera¹, Claudio Ariel Cassino²

¹ Unitec Bio SA, rodolfo.cabrera@unitecbio.com

² NeoGi Soluciones en Procesos, cassino@neogi.com.ar

Introducción

La reesterificación se ha consolidado como la tecnología más conveniente para la adecuación de materias primas de alta acidez en la producción de biodiesel de 2^a generación. La reacción, también puede llamada glicerólisis inversa, consiste en la combinación de ácidos grasos con glicerol para formar MAG, DAG y TAG aptos para transesterificación.

En este trabajo estudiaremos la cinética de reacción en distintas condiciones y su aplicación práctica en el diseño de procesos industriales para reducir la acidez de materias primas que se usan en biodiesel a través de la transesterificación. Se han realizado un total de 58 ensayos de laboratorio investigando en detalle la velocidad de reacción, la composición del producto final y subproductos/residuos para distintas condiciones de estequiometría, catalizadores y grados de glicerina y condiciones de proceso: temperatura, vacío, agitación. Se han diseñado varios procesos industriales de distinta escala y tipo, de los cuales uno se encuentra en operación y uno en construcción.

La mecánica de reacción es el resultado de 5 reacciones reversibles simultáneas:



En condiciones de alta temperatura (200°C) y vacío (<20 mbar) y sin catalizador muestra ser eficaz en la reducción de la acidez hasta <0.5%, aunque con tiempos de hasta 12 h y con la presencia de reacciones secundarias de degradación. Se han sondeado catalizadores de distinto tipo, siendo el n-butil titanato el que mejores resultados presentó permitiendo operar a menores temperaturas y/o menor tiempo de reacción y/o menor vacío. Los excesos por sobre la relación estequiométrica derivan en distintos escenarios de reacción y afectan al producto final. El uso de glicerina cruda y hasta glicerinas fuera de especificación se ha demostrado posible.

Objetivos del Estudio

El primer objetivo de este trabajo es determinar las mejores condiciones de reacción viables para la reesterificación, mientras que el segundo objetivo será correlacionar estos datos en el diseño conceptual de procesos industriales.

Materiales y Métodos

Se utilizaron oleínas comerciales provenientes de splitting de borras/gomas y glicerina refinada como fuente de glicerol en la primera parte del estudio. Posteriormente se hicieron ensayos con glicerina técnica y con glicerina cruda comercial. Las reacciones se realizaron en un reactor de vidrio termos-tatizado, controlado por sonda PT, con agitación magnética y sparging de nitrógeno. Los resultados se analizaron por medio de cromatografía según EN14105 mod., Acidez (% oleico) por ASTM D 664 y humedad por ISO 8534, protocolos y métodos típicamente aceptados para validar la calidad de UCO.

Reacciones con Exceso o Defecto Estequiométrico

En primera instancia se llevaron adelante reacciones en condiciones estequiométricas, con defecto y exceso de glicerol. Su análisis permite una primera definición de dos vías reactivas potables.

Reacciones Sin Catálisis

Se llevaron a cabo utilizando oleínas comerciales estandarizadas y glicerina refinada en condiciones controladas de presión, temperatura y vacío.

Reacciones con Catálisis

Se ensayaron distintos catalizadores: ácidos minerales, MSA (ácido metansulfónico), alcoholatos metálicos, entre ellos el TNBT (n-tetrabutyl-titanato) como ácido de Lewis.

Reacciones con Glicerina Cruda

sobre la base de los casos seleccionados de ensayos anteriores se adecuaron métodos para la utilización de glicerina cruda.

En todos los casos se analizó rendimiento, avance y velocidad de reacción, así como la calidad del aceite reesterificado resultante.

Resultados Analíticos

- Los mecanismos con defecto estequiométrico de glicerol muestran menores tiempos de reacción respecto a los correspondientes a exceso estequiométrico para igual acidez final, así como un producto con preminencia de TAG en concordancia con ①, ② y ③.
- Las reacciones sin catálisis requieren mayor vacío y temperaturas del orden de los 200°C-220°C para velocidades mínimas desde el punto de vista práctico. En estos rangos de temperatura se observa la obtención de un producto oscuro con residuos carbonosos (charring) que sugiere una mayor presencia de reacciones de degradación.
- El uso de MSA y H₂SO₄ como catalizadores muestran una performance cinética excelente, sin embargo, el producto presenta un excesivo contenido de azufre inalterable, indicando sulfonación de la materia orgánica, no cumpliendo con las especificaciones vigentes.
- El uso de TBNT aporta reducciones significativas de los tiempos de reacción, aun con menor vacío (40-80 mbar) y temperaturas del orden de los 175°C, lo que permite el uso de vapor de media presión como calefactor. El producto se presenta más claro, menos viscoso, menor sedimento y con una mayor concentración de TAG que en el caso anterior.
- El uso de glicerina cruda es totalmente viable, si se tienen recaudos en el proceso de secado. Las sales transitan el proceso en forma inerte y decantan en el producto final.

Aplicación en Diseño Conceptual

El proceso puede ser batch, semibatch o continuo, aunque por razones de integración energética solo los dos últimos son viables. Los reactores son diseñados como recipientes verticales, con alta tasa de recirculación para garantizar la agitación requerida y calefacción típicamente externa, con vapor de media presión para catalizados o fluido térmico en el caso sin catalizar.

El proceso con defecto de glicerol es más efectivo desde el punto de vista cinético debido que permite mayores concentraciones de FFA y con ello mayores velocidades, sin embargo, requiere una stripping posterior del aceite para adecuar el índice de acidez. El proceso con exceso de glicerol es más simple, pero posee mayores tiempos de reacción hasta alcanzar la acidez deseada, debido a que la velocidad de reacción se vuelve asintótica.

El agua debe ser eliminada tanto en las materias primas como durante la reacción para forzar la reacción hacia los productos, sin embargo, en las condiciones operativas de alto vacío (10 mbar) y temperatura (190-200°C) también evapora grandes cantidades de glicerina que debe ser condensada y reciclada. Esto se logra con condensación parcial o con condensación total y fraccionamiento. En las reacciones catalizadas, la evaporación de glicerina es menor por menores temperaturas y mayores vacíos empleados.

Palabras Clave: reesterificación, catalizador, aceites ácidos, biodiesel 2^a generación.

BIOCOMBUSTIBLES

INNOVACIONES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL: HACIA UNA MAYOR EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD.

G. Mendow*, L. Vergara, C. Querini.

Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE) – CONICET – Santiago del Estero 2654 (3000) – Santa Fe, Argentina.

* E-mail: gmendow@fiq.unl.edu.ar

En el presente trabajo se abordarán desarrollos realizados en los últimos 10 años por el grupo de trabajo. Se mostrarán resultados obtenidos en planta y/o laboratorio en temas como la reducción de monoglicéridos, producción de biodiesel con etanol, optimización del proceso de purificación de biodiesel con alto contenido de jabones, disminución del consumo de catalizador y glicerólisis de ácidos grasos.

Proceso de reducción de monoglicéridos: Uno de los principales problemas que enfrenta la industria del biodiesel en la actualidad es el contenido de monoglicéridos y la presencia de glucósidos esteroides. Estos compuestos, traen aparejado dos problemas que la industria debe afrontar. El primero de ellos es que estos compuestos incrementan los valores de contaminación total y cold soak, y en muchos casos, el biodiesel no cumple con los parámetros exigidos por las normas IRAM, ASTM y EN. Por otra parte, durante el almacenamiento, estos compuestos precipitan provocando grandes volúmenes de biodiesel perdido y mano de obra para la limpieza de los tanques. Para solucionar estos inconvenientes, la industria del biodiesel está evaluando diferentes alternativas. Una de ellas es la hidrólisis enzimática de glucósidos esteroides que transforma estos compuestos en glucosa (que se elimina en las etapas de lavado) y esteroides (solubles en biodiesel). Sin embargo, esta tecnología no disminuye el contenido de monoglicéridos como si lo hace la segunda alternativa evaluada, que es la destilación del biodiesel. Esta tecnología, está siendo probada en Argentina, y presenta la ventaja de que se obtiene un biodiesel de alta pureza, sin presencia de glucósidos esteroides y monoglicéridos. Sin embargo, es un proceso de alto costo debido a que los rendimientos son muy bajos (aprox. 95 %) y consume mucha energía, lo que en la actualidad lo hace prácticamente inviable. Se ha desarrollado un proceso probado en escala de laboratorio y que se encuentra funcionando desde hace más de 8 años en plantas de mediana y gran escala. La industria Argentina cuenta con la posibilidad de obtener un producto con concentraciones de monoglicéridos por debajo del 0.4 %, aunque para ello se debe incrementar el consumo de catalizador (metóxido de sodio), lo que provoca un incremento en el costo operativo, y peor aún, complica las etapas de purificación aguas abajo del proceso. El proceso desarrollado es un proceso de bajo costo y de fácil implementación en la industria que permite disminuir la concentración de monoglicéridos a valores cercanos al 0,1%.

Proceso de producción de biodiesel con etanol y purificación de biodiesel con alto contenido de jabones: La producción de biodiesel con etanol en lugar de metanol presenta varias ventajas significativas, tanto desde el punto de vista técnico como ambiental. En primer lugar, el etanol es un alcohol renovable y de origen agrícola, generalmente producido a partir de caña de azúcar o maíz, lo que lo hace más sostenible e independiente de recursos fósiles. Además, el biodiesel etílico tiende a presentar mejores propiedades de lubricidad y biodegradabilidad, lo que favorece un menor impacto ambiental. También puede mejorar el perfil de emisiones del biocombustible, al reducir la generación de compuestos contaminantes. Desde el punto de vista local, el uso de etanol favorece las economías regionales al incentivar la cadena agroindustrial. Sin embargo, la producción de biodiesel con este alcohol presenta desventajas, como la mayor formación de jabones y las complicaciones que esto trae aparejado en las etapas de purificación. Se ha desarrollado un proceso de producción de biodiesel con etanol fácilmente adaptable a las industrias en funcionamiento. También se ha logrado purificar el biodiesel con alto contenido de jabones, por medio de un proceso sencillo y económico. Con la combinación de ambos procesos se obtiene un biodiesel que cumple con las normas internacionales de calidad. Este proceso fue implementado en una planta de mediana escala en la provincia de Tucumán.

Optimización del uso de catalizador: El consumo de catalizador, es una de las variables más importantes a optimizar en el proceso de producción de biodiesel. La disminución del consumo de catalizador no solo trae ventajas desde el punto de vista económico que genera el ahorro en su uso, sino que, además, mejora sustancialmente el proceso productivo. La menor formación de jabones debido a la menor concentración de catalizador, minimiza la formación de ácidos grasos (incremento del rendimiento del proceso) y también mejora las etapas de decantación glicerina-biodiesel y las etapas de purificación, posibilitando la disminución del uso de ácido en los lavados y la neutralización de la glicerina. Además, utilizando este proceso, se disminuye la cantidad de sales en la glicerina obtenida. Este proceso fue desarrollado por el grupo de trabajo a escala de laboratorio y actualmente se encuentra funcionando en 3 plantas de Argentina. En una de estas plantas se logró disminuir el consumo de catalizador en un 40 %, con modificaciones del proceso muy simples.

Glicerólisis de ácidos grasos: La glicerólisis de ácidos grasos es un proceso cada vez más utilizado en la industria Argentina. Esta reacción consiste en poner en contacto glicerol y ácidos grasos para obtener como productos monos, di y triglicéridos que luego se comercializa como aceite de segunda generación. Según lo relevado, actualmente este proceso se realiza a escala industrial a altas temperaturas. De esta manera, la reacción es autocatalítica, y se obtienen conversiones de ácidos grasos muy elevadas (99.5%). Sin embargo, este proceso tiene la desventaja de que estas altas temperaturas generan compuestos indeseados, con un rendimiento a mono, di y triglicéridos no mayores al 70 %. En el grupo de trabajo se ha desarrollado un proceso catalítico a baja temperatura que permite obtener altas conversiones y rendimientos cercanos al 97 %.

Palabras Claves: *Biodiesel, monoglicéridos, etanol, purificación, glicerólisis.*

BIOCOMBUSTIBLES

OPTIMIZATION OF BIODIESEL PRODUCTION FROM UNSATURATED FATTY ACIDS VIA ENZYMATIC CATALYSIS WITH HYDRATED ETHANOL

**Renata da Silva Magalhães^{1*}; Patricia Tonon de Souza¹;
Ramon Sousa Barros Ferreira²; Eduardo Augusto Caldas Batista¹**

¹ Department of Food Engineering and Technology, FEA/UNICAMP, Campinas, São Paulo, 13083-862, Brazil.

² Federal University of Maranhão/UFMA, Imperatriz, Maranhão, 65906-335, Brazil.

*E-mail: 229330@dac.unicamp.br

The increasing demand for sustainable alternatives to fossil fuels has driven the development of biofuels. In this context, enzymatic biodiesel production emerges as a promising strategy to diversify conventional processes. This study aimed to evaluate and optimize the synthesis of biodiesel from oleic and linoleic fatty acids using hydrated ethanol and the lipase Eversa® Transform 2.0 as a biocatalyst. Reactions were carried out for 8 hours at 240 rpm and 40 °C. A Central Composite Rotational Design (CCRD) 2³ was employed, considering three independent variables: water content in ethanol (x₁), enzyme concentration (x₂), and fatty acid: ethanol molar ratio (x₃). Biodiesel conversion was assessed by titration of free fatty acids (FFA) following AOCS Ca 5a-40. For oleic acid, the validated condition (x₁= 1.48; x₂= 0.98; x₃= -0.29), equivalent to 9.91% water in ethanol, 2.11% enzyme, and a molar ratio of 2.33, resulted in 90% experimental conversion, closely matching the model's predicted value of 91%. For linoleic acid, the same coded condition (corresponding to 13.42% water in ethanol, 1.97% enzyme, and a molar ratio of 1.83) led to 90% experimental conversion, compared to 92% predicted by the model. Both models demonstrated high determination coefficients (R² = 98.3% for oleic acid and 98% for linoleic acid) and statistically significant results (p < 0.05), confirming their robustness and predictive power. The Pareto chart revealed enzyme concentration and molar ratio as the most influential variables, while the observed curvature emphasized the need for a quadratic model to adequately describe the system. These findings confirm the technical feasibility of using Eversa® Transform 2.0 with hydrated ethanol for biodiesel production from unsaturated fatty acids, offering a viable alternative to conventional chemical catalysis. The optimized model contributes to diversifying technological routes in the biodiesel industry, promoting more adaptable and sustainable solutions. Furthermore, it opens new possibilities for integration with various feedstocks and production scenarios, fostering innovation in biotechnological processes aligned with the global demand for efficient and environmentally responsible energy sources.

Keywords: *biodiesel; conversion; enzymatic catalysis; everesa® transform 2.0; unsaturated fatty acids; hydrated ethanol.*

BIOCOMBUSTIBLES

PRODUCCIÓN DE BIOGASOIL MEDIANTE HIDROTRATAMIENTO CATALÍTICO DE ACEITES DE FRITURA

Agustín Rubbo, Elisa Volonterio, Iván Jachmanian

Área Grasas y Aceites, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

E-mail: arubbo@fq.edu.uy, evolonterio@fq.edu.uy, ijachman@fq.edu.uy

El uso de aceites residuales de fritura como materia prima alternativa para la producción de biocombustibles constituye una estrategia alineada con los principios de economía circular y la transición energética. El hidrotratamiento catalítico de grasas y aceites, que consiste en someter estos materiales a altas temperaturas y presiones elevadas de hidrógeno para convertirlos en hidrocarburos, es una tecnología de creciente interés industrial para obtener combustibles con propiedades similares al gasoil. Una de las etapas claves de este proceso es la remoción de oxígeno, que permite la obtención de combustibles derivados de materiales grasos de mejor calidad. Esta desoxigenación puede darse mediante tres rutas principales: hidrodeoxigenación (HDO), hidrodecarbonilación (HDCn) e hidrodecarboxilación (HDCx), produciendo cadenas de hidrocarburos diferenciales según el caso.

En este trabajo se aplicó el hidrotratamiento a cuatro muestras: aceite de salvado de arroz refinado (RBO), aceite de salvado de arroz sometido a múltiples ciclos de fritura (RBO_f), y dos provenientes de centros de recolección de aceites usados en Uruguay, uno de origen doméstico (UCOD) y otro de origen comercial (UCOc). El proceso se realizó en un reactor tubular continuo conteniendo un lecho catalítico de NiMo/Al₂O₃ a 350 °C, 80 bar de H₂, 0,05 mL/min de aceite y 50 mL/min de H₂. Las materias primas fueron caracterizadas mediante perfil de ácidos grasos, índice de acidez (mg KOH/g), índice de peróxidos (meqO₂/kg), determinación del porcentaje y perfil de compuestos polares, y porcentaje de polímeros.

Si bien el proceso permitió convertir a hidrocarburos todas las materias primas con una eficiencia superior al 85 % el mayor rendimiento se obtuvo para el aceite refinado, el que alcanzó una conversión del 98,8%.

En todos los casos, el perfil de hidrocarburos de los productos mostró una distribución mayoritaria de alcanos lineales con 18 y 16 átomos de carbono, evidenciando la predominancia de la vía HDO por sobre las rutas HDCn y HDCx. Estos compuestos, derivados principalmente de la hidrodeoxigenación de ácidos grasos como palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3), representaron más del 80% del total de hidrocarburos generados a partir de cualquiera de las materias primas.

Pese a que los aceites usados en fritura presentaron índices de acidez y de peróxidos más elevados, así como un mayor contenido de compuestos polares y polímeros, el hidrotratamiento demostró

ser un método efectivo para su conversión a hidrocarburos.

Este trabajo destaca el potencial del hidrotratamiento catalítico para la valorización de aceites usados de diferente origen y calidad mediante la obtención de biocombustibles.

Palabras clave: *aceites usados, biocombustibles, hidrotratamiento, biogasoil, revalorización.*

BIOCOMBUSTIBLES

TÉCNICAS ELECTROMAGNÉTICAS PARA CARACTERIZACIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIODIESEL

J. Corach^{1,2*}, **E. Fernández Galván**¹, **V. Gajardo**¹, **M. González**^{1,2}, **L. Ciocci**^{1,2}, **E. Acosta**¹, **P. Sorichetti**¹

¹ UBA, Facultad de Ingeniería, Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires, Argentina.

² CONICET, Godoy Cruz 2290, 1425, Buenos Aires, Argentina

* E-mail: jcorach@fi.uba.ar

La caracterización y procesamiento de biodiesel con métodos electromagnéticos de radiofrecuencia han surgido como alternativas prometedoras a las técnicas convencionales, despertando un interés creciente tanto en el ámbito tecnológico como en el académico. En ambas aplicaciones, se aprovecha la interacción de las sustancias a caracterizar y/o procesar con campos electromagnéticos variables en el tiempo, variando la potencia utilizada. Las ventajas de la caracterización son su bajo costo, su adaptabilidad a sistemas de monitoreo online y su facilidad de interpretación. Por otro lado, el calentamiento por radiofrecuencia es más eficiente y rápido que los métodos convencionales, ya que el campo eléctrico interactúa con todo el volumen a calentar en forma simultánea. Sacado

En este trabajo se muestran resultados de impedancia eléctrica, Z , en función del tiempo durante una reacción de transesterificación determinada con un sensor de propiedades eléctricas de diseño propio. En cuanto a técnicas de calentamiento, se describe el funcionamiento de un reactor para producir biodiesel con calentamiento por radiofrecuencia, y se muestran resultados de un ensayo de calentamiento.

Monitoreo de transesterificación con propiedades eléctricas

Se llevó a cabo una transesterificación a 60 °C con agitación continua, utilizando una relación molar metanol/aceite de soja de 6:1, NaOH como catalizador (1,5 % en masa respecto a la masa de aceite). Las Figs. 1 y 2 muestran, respectivamente, las mediciones de impedancia, Z , en función del tiempo y el esquema experimental utilizado. Como puede observarse, el valor pico de Z disminuye hasta aproximadamente la primera hora de reacción y luego aumenta monótonamente hasta un valor asintótico, por lo que el punto de inflexión podría utilizarse para determinar el final de la transesterificación. En futuros trabajos se profundizará sobre este aspecto, para correlacionar este valor de Fig. 1 con el contenido de metilésteres u otros indicadores químicos que no son eliminados con el filtrado.

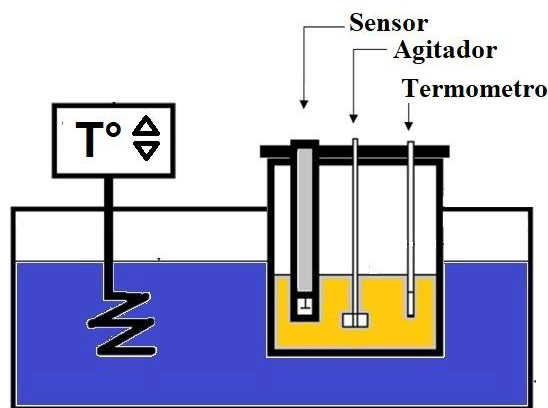
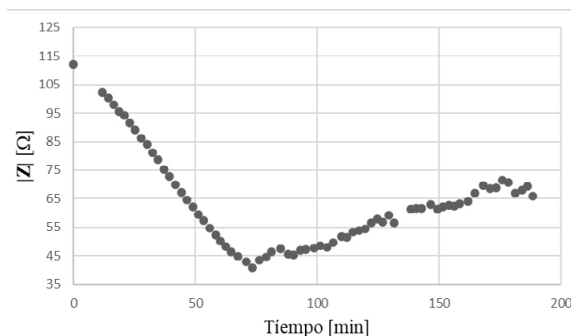


Fig. 1 - Esquema experimental.

Fig. 2 - $Z(t)$ durante la transesterificación.

Calentamiento con radiofrecuencia para procesos de transesterificación

El aplicador de radiofrecuencia se esquematiza en la Fig.3 y consta de un recipiente cilíndrico de PTFE cuyas tapas superior e inferior son de acero inoxidable y constituyen los electrodos de un capacitor. La agitación se realiza con un eje polimérico impulsado por un motor eléctrico externo. El recipiente se encuentra rodeado por una carcasa metálica para evitar las fugas de radiofrecuencia, y separado de los bordes para reducir las pérdidas térmicas. La Fig. 4 muestra la temperatura de la mezcla de aceite de soja, metanol y NaOH en función del tiempo. En conclusión, se presentan resultados novedosos basados en métodos electromagnéticos para monitoreo calentamiento durante las reacciones de transesterificación.

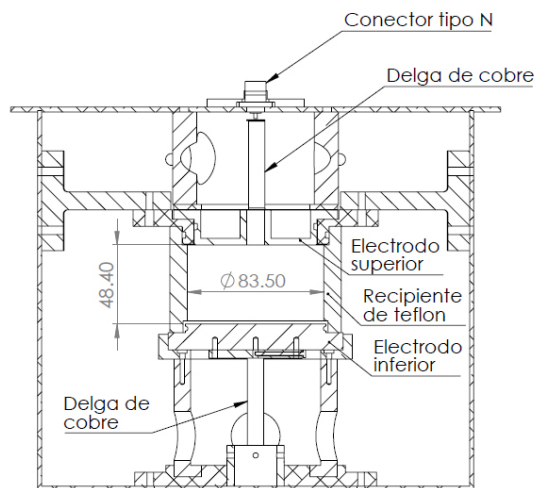


Fig. 3 - Aplicador de radiofrecuencia.

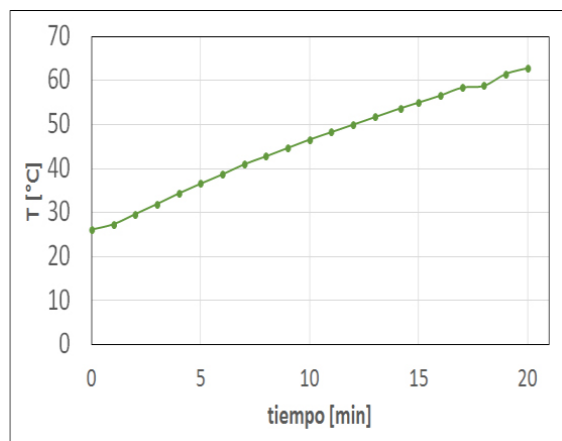


Fig. 4 - Temperaturas del aplicador en función del tiempo.

Palabras clave: *biodiesel; radiofrecuencia; propiedades eléctricas*

BIOCOMBUSTIBLES

VALORIZATION OF PEQUI SPINY ENDOCARP THROUGH ENZYMATIC PRODUCTION OF ETHYL BIODIESEL

Dhayna Oliveira Sobral^{1*}; Renata Magalhães Silva¹; Gabriel Sthefano Pereira¹; Patrícia Tonon de Souza¹; Klicia Araújo Sampaio¹; Eduardo Augusto Caldas Batista¹; Guilherme José Maximo¹

¹Department of Food Engineering and Technology, FEA/UNICAMP, Campinas, São Paulo, 13083-862, Brasil.

* E-mail: d234202@dac.unicamp.br

Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) is a typical fruit of the Brazilian Cerrado, widely consumed in regional cuisine. However, its spiny endocarp — a rigid, pointed structure that directly surrounds the edible seed — represents an abundant yet underutilized lignocellulosic residue. During pulp processing, part of the oily material remains adhered to this structure, generating a by-product with high lipid content (~23%) and a composition like that of the pulp oil, showing potential for bioenergy applications. This study investigates the use of this residue as an alternative oil source to produce ethyl biodiesel through a sustainable route based on enzymatic catalysis. Residual oil extraction from the spiny endocarp was carried out using 99.8% ethanol in a Soxhlet apparatus, yielding approximately 30%. The main fatty acids identified were oleic (55.07%) and palmitic (35.49%) acids, while the predominant triacylglycerols were OOP (42.80%), POP (30.80%), and OOO (15.89%). The extracted oil was characterized for total lipid content, moisture, acidity, partial acylglycerol profile, and thermal behavior. Biodiesel production was performed using the liquid enzyme Eversa® Transform 2.0, derived from a genetically modified strain of *Aspergillus oryzae*, under the conditions optimized by Passos *et al.* (2024) for ethanol:oil molar ratio, % enzyme, and % water, at 40 °C for 24 hours. After the reaction, the biodiesel/ethanol and glycerol phases were separated by centrifugation, and ethanol was recovered by rotary evaporation. Lipid conversion into ethyl esters was assessed using chromatographic techniques, including high-performance size exclusion chromatography (HPSEC) to monitor TAGs, DAGs, and MAGs, and ion chromatography to detect residual free glycerol, providing a biofuel purity close to that determined by the ANP agency. Structural analysis of the biodiesel was complemented by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), allowing the observation of functional group variations throughout the reaction. The resulting biodiesel was further characterized for acidity, oxidative stability (Rancimat), and thermal behavior. Thermal analysis by DSC revealed a crystallization point suitable for storage and use. A residual acidity was found, due to enzyme kinetics. These results highlight the potential of the spiny endocarp of pequi as an alternative and sustainable raw material to produce high-quality biofuels.

Keywords: *pequi, enzymatic biodiesel, agro-industrial residue, lipase, sustainable conversion.*

Project / scholarship support: FAPESP (2022/10368-4 and 2024/03702-0); CAPES (Finance Code 001); CNPq (311994/2021-0); UNICAMP (519.287 2598/23 and 519.287 2475/23)

BIODIESEL

VALORIZACIÓN DE DEPÓSITOS INSOLUBLES DEL BIODIESEL: OBTENCIÓN DE ESTERILGLUCÓSIDOS Y FITOESTEROLES DE ALTO VALOR AGREGADO

Renzo Carlucci, Matias Krivoy y R. Guillermo Labadie

Instituto de Química Rosario (IQUIR-CONICET-UNR), Suipacha 531, 2000, Rosario, Santa Fe, Argentina.
Email: krivoy@iquir-conicet.gov.ar

La producción masiva de biodiésel a partir de aceites vegetales, como soja y palma, genera como subproducto depósitos insolubles debido a la presencia de esterilglucósidos (SGs). Estos compuestos, formados durante la metanólisis, comprometen la calidad del biocombustible y generan pérdidas económicas al dificultar el cumplimiento de normativas internacionales de calidad. En Argentina, se estima la formación anual de unas 270 toneladas de este subproducto, cuyo destino actual es la combustión en calderas, representando un aprovechamiento de bajo valor.

En este contexto, el enfoque de biorrefinería surge como una alternativa estratégica para revalorizar este residuo, transformándolo en productos de mayor valor agregado que contribuyan tanto a la sostenibilidad económica como a la ambiental de la cadena del biodiésel. Los SGs derivados del aceite de soja son productos de la unión de una molécula de glucosa con fitoesteres, es decir, β -sitosterol, estigmasterol y campesterol (Figura 1). Estos SGs derivados de fitoesteres exhiben beneficios para la salud humana como por ejemplo en su acción hipocolesterolemica, efectos inmunoadyuvantes, antioxidantes, anticancerígenas entre otras actividades siendo considerados nutraceuticos.¹

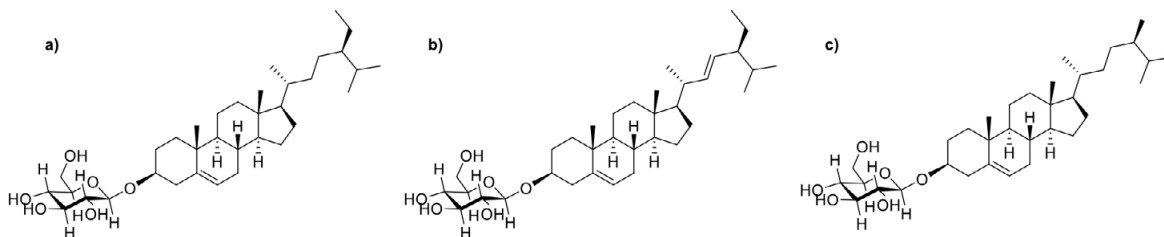


Figura 1. Estructura de los esterilglucósidos derivados de β -sitosterol (a), estigmasterol (b) y campesterol (c)

Si bien existen reportes donde se obtienen este tipo de compuestos de fuentes naturales, estos consisten en un proceso laborioso y muchas veces ineficiente. Por esto desarrollamos un método eficiente para la purificación de este residuo de los tanques de biodiesel teniendo en cuenta los principios de la química circular, pudiendo recuperar la mayor cantidad de los recursos empleados y maximizando la obtención de recursos. Para el desarrollo experimental se procesaron 18 L de depósitos. Tras separar el biodiésel mediante filtración y lavados con hexano, se obtuvieron 9 kg de un residuo sólido

viscoso. Este material se sometió a sucesivos lavados y filtraciones con hexano para aislar la fracción insoluble de interés. Finalmente, se recuperaron 3,6 kg de sólido rico en SGs junto con ácidos grasos libres y glicolípidos polares. El proceso permitió recuperar aproximadamente 5 L de BD, que pueden reintegrarse al circuito comercial, y destilar los 14 L de hexano empleados para su reutilización. Este material recuperado luego fue sometido a un calentamiento a reflujo en MeOH durante 1 hora y luego filtrado obteniendo los SGs de 99% de pureza (determinada por RMN-¹H cuantitativo) y calculando una concentración de 10,6% p/p de SGs en los depósitos desarrollando un método circular y eficiente para la obtención de SGs de alta pureza.²

Si bien los SGs son un producto de interés los fitoesteroles que contienen también se asocian con beneficios para la salud presentando actividad hipocolesterolémicas, antiinflamatorias, anticancerígena, antioxidante y con la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares,³ teniendo una mercado mundial cuyo un flujo de capital de 900 millones de US\$ anuales.⁴ Por esto se desarrolló y optimizó un método de hidrólisis para romper el enlace glucosídico y obtener los fitoesteroles mediante filtración del medio ácido utilizado.

Los estudios comenzaron a escala de miligramos utilizando ácidos minerales para llevar a cabo la reacción, determinando que el HCl_(ac) a una concentración de 4 M produce el mayor rendimiento (96%) de la hidrólisis de los SGs y purezas rondando al 100% pudiendo reutilizar el HCl durante repetidos ciclos de hidrólisis. Al escalar a gramos esta reacción, los rendimientos y purezas fueron similares a los anteriores.⁵

Este proceso presenta ventajas desde la perspectiva de la química verde y circular debido a que se emplea agua como solvente y el medio de reacción es reutilizable. Sin embargo, al utilizar un ácido mineral no renovable no es una alternativa verde del proceso. Por esta razón se buscó la utilización de un ácido con un menor impacto ambiental como es el ácido metansulfónico (MSA), siendo una alternativa biodegradable y no oxidante. Para obtener las condiciones óptimas de hidrólisis, se empleó un diseño de experimentos (DoE) basado en una metodología de superficie-respuesta, atravesando por una fase de screening, determinando la temperatura, concentración de MSA y tiempo de reacción como factores significativos y una posterior optimización mediante un diseño central compuesto. De este análisis se obtuvo que, a una temperatura de 82°C, utilizando MSA_(ac) 5,42 M y con un tiempo de 25,4 horas se obtienen rendimientos superiores al 95% en escala de miligramos. Obteniendo estos parámetros, se decidió escalar la reacción hasta cientos de gramos donde se obtuvieron resultados similares a los anteriores con productos de un 99% de pureza (determinada por RMN-¹H cuantitativo) quedando en evidencia que el proceso planteado es robusto en distintas escalas y condiciones, lo que lo convierte en una estrategia prometedora para futuras etapas de escalado hacia métodos industriales.⁵

Bibliografía

- 1) a) *Appl. Sci.* 2022, 12(12), 5779; b) *J. Ethnopharmacol.* 2020, 247, 112251; c) *Sustain. Chem. Pharm.* 2022, 29, 100810; d) *Biomed. Pharmacother.* 2019, 118, 109349.
- 2) *Ind. Crops Prod.*, 2022, 187, 115307.
- 3) a) *Molecules.* 2022, 27 (2), 523; b) *Curr. Med. Chem.* 2019, 26 (37), 6724–6734.
- 4) *Algal Res.* 2020, 46, 101772.
- 5) *Sustain. Chem. Pharm.*, 2024, 37, 101360.

COPRODUCTOS

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE RECUPERACIÓN PROTEICA A PARTIR DE EXPELLER DE SOJA SEGÚN INDICADORES DE EFICIENCIA: EXTRACCIÓN ALCALINA CON PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA Y EXTRACCIÓN DUAL

**María Nieves Andrín^{a,b}, Pablo Antonio Torresi^{c,d}, Ezequiel Godoy^e,
María Agustina Reinheimer^{a,b}**

^a Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

^b Universidad del Centro Educativo Latinoamericano (UCEL), Argentina

^c Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE) FIQ-UNL-CONICET, Argentina

^d Facultad de Ingeniería Química (FIQ), Universidad Nacional de Litoral (UNL) Argentina

^e Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Rosario, Argentina

Resumen

La valorización del expeller de soja como fuente de ingredientes proteicos representa una estrategia ventajosa en el contexto actual de sostenibilidad y economía circular. Este subproducto obtenido de la extracción de aceite de soja mediante extrusado y prensado, se convierte en una fuente proteica significativa que puede ser aprovechada mediante distintas estrategias de extracción. Entre los métodos utilizados para la recuperación de proteínas, la extracción alcalina seguida de precipitación isoeléctrica ha sido tradicionalmente aplicada, ya que permite solubilizar la fracción proteica bajo condiciones controladas de pH alcalino y recuperarla mediante precipitación. En contraste, la extracción dual con solventes de distinta polaridad, hexano y etanol acuosos constituye una alternativa basada en la remoción secuencial de compuestos no proteicos, como lípidos y compuestos solubles de bajo peso molecular, permitiendo concentrar la fracción proteica sin recurrir a etapas de solubilización y precipitación. El objetivo del presente estudio fue comparar el desempeño del método de extracción alcalina con precipitación isoeléctrica y del proceso dual, a partir del análisis del contenido de proteínas y lípidos en los productos obtenidos, así como de indicadores de proceso incluyendo rendimiento de recuperación, productividad y consumo de solvente. Metodológicamente, el expeller fue previamente molido y tamizado a un tamaño de partícula mayor a 150 μm y menor a 710 μm . Para el método alcalino, se realizaron tres ciclos de extracción consecutivos de 15 minutos cada uno, empleando una relación sólido/solvente 1:10 (p/v) a 60 °C. Posteriormente, se llevó a cabo la precipitación isoeléctrica mediante la adición de tres agentes precipitantes distintos (HCl, ácido láctico y bacterias ácido-lácticas), hasta alcanzar un pH final de 4,5 que permitiera la decantación del concentrado proteico. Por último, se separaron las fases y se procedió al secado de los productos proteicos por aspersión. Por lo tanto, este diseño experimental incluyó un total de 3 corridas realizadas por duplicado. En cuanto al

proceso dual, se realizaron 2 corridas experimentales por duplicado bajo condiciones en modo batch, utilizando hexano y etanol acuoso al 96 % como solventes. La condición Dual 1 consistió en una recuperación en 5 ciclos de 15 minutos cada uno a 45 °C, con una relación sólido/solvente de 1:2 (p/p) y una composición de solvente 1:9 (v/v), mientras que la condición Dual 2 se realizó en 4 ciclos bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura, manteniendo la misma relación sólido/solvente pero con una composición de solvente 2:8 (v/v). En ambos casos, las condiciones operativas se mantuvieron constantes durante todos los ciclos. Al finalizar el proceso, los productos proteicos obtenidos fueron desolventizados en rotavapor a vacío. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA de un factor. Las comparaciones múltiples entre productos fueron evaluadas mediante pruebas post hoc según Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Las comparaciones múltiples entre productos fueron evaluadas mediante pruebas post hoc según Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en todos los indicadores de proceso evaluados y en el contenido de lípidos de los productos proteicos. En cuanto al contenido de proteínas, los valores oscilaron entre $59,05 \pm 5,25$ % bs y $68,38 \pm 4,50$ % bs, sin registrarse diferencias significativas ($p > 0,05$). Los productos obtenidos mediante extracción dual presentaron menores niveles lipídicos ($2,70 \pm 0,14$ % bs y $5,26 \pm 0,86$ % bs) en comparación con los obtenidos por extracción alcalina ($7,97 \pm 0,10$ % bs y $12,16 \pm 0,59$ % bs). Asimismo, el rendimiento de recuperación fue mayor en las experiencias correspondientes al proceso dual, con valores de $95,84 \pm 5,42$ % y $99,83 \pm 0,24$ %, frente a los valores obtenidos mediante extracción alcalina, que variaron entre $24,13 \pm 4,58$ % y $34,09 \pm 7,80$ %. De igual manera, la productividad fue mayor en el proceso dual, con valores de $0,77 \pm 0,07$ y $0,92 \pm 0,06$ kg de producto proteico por kg de harina de expeller (bs), en comparación con los valores del método alcalino, que oscilaron entre $0,18 \pm 0,02$ y $0,22 \pm 0,04$ kg/kg (bs). En relación con el consumo de solvente, el proceso dual requirió entre $9,09 \pm 3,43$ y $10,60 \pm 0,98$ kg/kg de producto proteico, mientras que en el método alcalino se registraron valores significativamente mayores, entre $148,80 \pm 24,40$ y $179,80 \pm 18,30$ kg/kg. Si bien el método dual implica el uso de hexano, un solvente con implicancias ambientales, la reducción significativa en el volumen total de solvente utilizado por unidad de producto representa una mejora en términos de eficiencia técnica e impacto ambiental. Por otro lado, los resultados obtenidos permitieron confirmar exitosamente el reemplazo del HCl como agente precipitante en el método de extracción alcalina y posterior precipitación por dos alternativas GRAS (Generally Recognized As Safe), ya que se mantuvo el contenido proteico de los productos obtenidos. Los resultados obtenidos evidencian que el proceso de extracción dual presentó un desempeño técnico favorable en términos de recuperación, composición y uso de insumos, en comparación al método alcalino usualmente aplicado al expeller de soja.

Palabras clave: *expeller de soja, extracción proteica, indicadores de proceso, coproductos, eficiencia tecnológica.*

OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

ANTIOXIDANT POTENTIAL OF EXTRACTS OBTAINED FROM AÇAÍ JUÇARA (*EUTERPE EDULIS*) COPRODUCTS

Alanna Britisqui Yabiku¹, Gabriela Polmann², Sandra Regina Salvador Ferreira³, Jane Mara Block^{4,*}

¹ Pos Graduate Program in Food Science, Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianópolis 88034-001, Brazil. alanna.byabiku@gmail.com

² Pos Graduate Program in Food Engineering, Chemical and Food Engineering Department, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianópolis 88040-900, Brazil. gabipolmann@gmail.com

³ Chemical and Food Engineering Department, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianópolis 88040-900, Brazil. s.ferreira@ufsc.br

⁴ Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianópolis 88034-001, Brazil. janeblock@gmail.com

Euterpe edulis Martius is a palm tree native to the Atlantic Forest. The pulp of the fruit of this palm tree is named açaijuçara - rich in anthocyanins and phenolic compounds with high antioxidant activity. The processing of the juçara to obtain the pulp generates a significant amount of bagasse resulting from the sieving. It also generates fibers and seeds. These coproducts represent around 80% of the total weight of the fruit and its disposal can be an environmental problem. The objective of this study was to evaluate the antioxidant potential of extracts obtained from the bagasse, fibers and seeds of açaijuçara. The extracts were obtained from ground and dried juçara residues. The juçara bagasse extract was made using ethanol:water solvent (70:30, v/v), which was also used for the fibers and seeds in a ratio of 57:43 (v/v). Different solvent systems were applied to obtain the most representative extract for each matrix according to previously established in the literature. The three extracts were made in triplicate using 10 g of sample for 100 mL of solvent, using an ultrasonic bath for 15 min, at a temperature of 25 °C. Total phenolic compounds (TPC) and antioxidant potential (PA) were determined in the extracts. The antioxidant activity was studied using the methods of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH), ferric reducing power (FRAP), total reducing capacity of plant extracts (CRT) and cupric reducing capacity (CUPRAC). The bagasse, fibers and seeds presented TPC values of 74.46, 79.24 and 105.22 mg GAE (Gallic Acid Equivalent)/100 g, respectively. In the DPPH assay, the fibers and seeds presented higher values (87.77 and 83.82%, respectively), when compared to the bagasse (60.03%). The seed extract presented a higher PA compared to the other samples. Fibers and seeds presented higher values for FRAP (263.02 and 276.19 mg TE (Trolox Equivalent)/100 g, respectively) followed by the bagasse (197.48 mg TE/100 g). Similar results were obtained for the CUPRAC assay (107.62 for the bagasse, 107.97 for the fibers and 118.86 µmol TE/100 g for the seeds). CRT bagasse showed the lowest reducing capacity (88.19 mg QE (Quercetin Equivalent)/100 g), followed by fibers (95.60 mg QE/100 g) and seeds (112.87 mg

QE/100 g). The results indicated that the extracts obtained from açaijuçara coproducts presented are rich in TPC and had high antioxidant activity. The results indicate the potential of the obtained extracts to be used as natural antioxidants in food or cosmetic systems. Additional investigation on the effectiveness of these extracts in those systems are required.

Keywords: *Açaí juçara waste, Phenolic compounds, Antioxidant Potential, Ultrasound*

OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DURANTE LA FRITURA DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN Y EL ACEITE DE GIRASOL DE ALTO OLEICO

Nadia Segura*, Elisa Volonterio, Nicolás Callejas, María Emilia Arias, Agustín Rubbo, Natalia Martinez, Jimena Lázaro, Bruno Irigaray

Área Grasas y Aceites, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

* E-mail: nsegura@fq.edu.uy

Durante la fritura, el aceite está sometido a la acción de tres factores que contribuyen a disminuir su calidad: la humedad aportada por el alimento que origina su hidrólisis, el aire que penetra en el aceite a través de la superficie, que da lugar a la oxidación y la elevada temperatura, cuya consecuencia es la termoxidación. Como resultado de todo ello, se originan productos volátiles, que se eliminan parcialmente durante la fritura, y nuevos compuestos no volátiles, que se acumulan en el aceite a medida que avanza el proceso de fritura y se incorporan al alimento frito.

El avance de estos procesos de deterioro está influenciado tanto por la composición en ácidos grasos del aceite utilizado, como por sus componentes minoritarios, en particular los antioxidantes.

Entre los aceites que se recomiendan comúnmente para freír se destacan el aceite de girasol de alto oleico (HOSFO) y el aceite de oliva virgen (AOV), ambos producidos en la región de la cuenca del río de la plata. Si bien ambos son destacados por su gran estabilidad, también son relativamente costosos, en particular el AOV.

El HOSFO y el AOV tienen en común la alta proporción de ácido oleico, se diferencian fundamentalmente por sus antioxidantes naturales, mientras que el AOV contiene polifenoles y tocoferoles, el HOSFO contiene solo tocoferoles, pero en mayor concentración que el AOV.

En el presente trabajo se evaluó el comportamiento de ambos aceites (adquiridos en el mercado local) durante el proceso de fritura doméstica para la cocción de papas fritas a partir de papas pre fritas congeladas. Para ello se realizaron ciclos de fritura, de forma de acelerar los procesos de deterioro, en ambos casos se utilizó una freidora doméstica de 2 litros. Los ciclos de fritura se definieron como: 1 hora de termoxidación y posteriormente la fritura de 300g de papas. Se realizó la toma de muestra de aceite cada 5 ciclos, realizando en ese momento la reposición del aceite consumido (toma de muestra + absorción de aceite por las papas).

Se siguieron los siguientes parámetros de deterioro: compuestos polares (CP), polímeros totales (PT), valor de peróxidos (VP), coeficiente de extinción a 268 nm (K₂₆₈), y acidez libre en ác. oleico (%A), así como la evolución del perfil de ácidos grasos y del contenido de antioxidantes naturales (tocopheroles y polifenoles). Los resultados se observan en la tabla 1.

Al observar los valores iniciales de los aceites, considerando que fue adquirido como aceite de

oliva virgen extra y la clasificación de la norma COI/T.15/NC No 3/ Rev.21/2025, resultó llamativo los altos valores de %A (1,17 %), VP (14,6 meq O₂/kg) y K268 (0,23) que presentó el AOV. Los valores de %A y K268, no cumplen con los límites para un aceite virgen extra, por lo tanto, el mismo se lo catalogó como aceite de oliva virgen. En cambio, el HOSFO mostró valores dentro de lo esperado para VP y %A, 0,21 %; 4,0 meq O₂/kg, presentado un valor de 0,99 para K268. Este último valor es considerablemente mayor al medido en el AOV inicial lo que podría ser consecuencia en parte por la mayor cantidad de linoleico presente en el HOSFO, pero fundamentalmente, porque se trata de un aceite refinado, los cuales desarrollan trienos conjugados en la refinación que también absorben a esta longitud de onda.

Tabla 1- Resultados de los análisis						
		Inicial	Ciclo 5	Ciclo 10	Ciclo 15	Ciclo 20
HOSFO	CP (%)	4,5 ± 0,6	8,6 ± 0,8	11,0 ± 0,2	14,5 ± 0,1	17,5 ± 0,1
	Polímeros	nd	1,7 ± 0,1	3,3 ± 0,4	3,8 ± 0,1	4,7 ± 0,8
	K268	0,99 ± 0,01	1,49 ± 0,03	1,91 ± 0,01	2,28 ± 0,08	2,19 ± 0,05
	Acidez	0,21 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,46 ± 0,01
	VP	4,0 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,5 ± 0,1	3,3 ± 0,4	3,9 ± 0,1
	PUFA/16:0	3,17 ± 0,11	3,11 ± 0,09	3,03 ± 0,05	2,97 ± 0,09	2,83 ± 0,05
AOV	CP (%)	6,7 ± 0,9	11,7 ± 0,2	15,5 ± 0,6	25,3 ± 1,8	26,7 ± 1,7
	Polímeros	nd	5,0 ± 0,1	6,1 ± 0,4	6,9 ± 0,3	8,4 ± 0,1
	K268	0,23 ± 0,01	1,60 ± 0,05	1,65 ± 0,02	1,73 ± 0,07	2,24 ± 0,01
	Acidez	1,17 ± 0,01	0,46 ± 0,01	0,61 ± 0,03	0,80 ± 0,01	0,99 ± 0,01
	VP	14,6 ± 0,6	9,4 ± 0,4	7,0 ± 0,3	7,2 ± 0,1	9,7 ± 0,6
	PUFA/16:0	0,85 ± 0,01	0,65 ± 0,01	0,61 ± 0,01	0,57 ± 0,01	0,54 ± 0,01

Para ambos aceites, se observó el aumento en K268 con el paso de los ciclos de fritura, esperable dado el desarrollo de compuestos de oxidación secundaria durante el proceso. En cambio, VP y %A mostraron una reducción respecto al aceite original y posteriormente una leve tendencia al aumento. La reducción inicial se asocia al efecto de la temperatura y el vapor de agua formado durante la fritura, estos generan la descomposición de los peróxidos, así como la evaporación de los ácidos grasos libres presentes en los aceites originales. Claramente la disminución en VP observada acompaña la formación de compuestos de oxidación secundaria observados en el aumento de K268.

En cuanto a los antioxidantes naturales, se observó, como era esperable, en los aceites iniciales un mayor contenido de tocoferoles en el HOSFO (799 ppm) en comparación con el AOV (300 ppm). Este último presentó también un contenido de polifenoles de 227 ppm. Durante el proceso de fritura, se destaca la pérdida de los antioxidantes naturales, tanto los tocoferoles como los polifenoles, en los primeros ciclos para ambos aceites. Esto es acompañado por una reducción significativa en la relación entre los ácidos grasos poliinsaturados y el ácido palmítico, de 0,85 a 0,54 en el AOV y de 3,18 a 2,83 en el HOSFO.

En cuanto a CP y PT, los mismos no difieren en gran medida entre ambos aceites iniciales, aumentando en ambos casos con el avance de los ciclos de fritura. En ambos parámetros el aumento fue notoriamente más marcado para el AOV. Esta diferencia puede asociarse fundamentalmente a la diferencia en la cantidad de antioxidantes presentes, así como en menor medida a la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, que, si bien decaen durante el proceso de fritura para ambos aceites, lo hacen en forma significativa para el AOV.

En conclusión, se destaca que, si bien ambos aceites mostraron un buen desempeño durante el

proceso de fritura, el HOSFO ofreció una mayor resistencia al deterioro. Se observó que los antioxidantes naturales del AOV, principales atractivos de este aceite, de conocidas propiedades bioactivas, se pierden durante los primeros ciclos de fritura.

Palabras clave: *fritura, aceite de girasol de alto oleico, aceite de oliva virgen*

OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD ENTRE HÍBRIDOS DE GIRASOL SOBRE LA EFECTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE SUS FENÓLICOS

Estefanía Guiotto^{1*}, Daiana Fanesi^{2,3}, Hugo Rey², Natalia Izquierdo⁴, Marcela Rodríguez^{2,3}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de los Alimentos- CONICET, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

² Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

³ CCT Tandil- CONICET, Tandil, Buenos Aires, Argentina. (4) CONICET- Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

* E-mail: mariamarcelarodriguez@hormail.com

El girasol es uno de los principales cultivos oleaginosos del mundo, en Argentina, la campaña 2024/2025 presentó una cosecha récord con una producción de 5 millones de toneladas al año, lo que representa un aumento del 28,2% respecto a la campaña anterior. Este incremento se debe a una mayor superficie sembrada y a los altos rendimientos en la mayoría de las regiones productivas. Sin embargo, luego de la extracción del aceite, queda como remanente las cáscaras, que constituyen entre un 20-28% del peso del grano y la gestión eficiente de este residuo, es aún, un desafío pendiente para la industria aceitera. Varios autores han reportado al grano de girasol como fuente de compuestos bioactivos (fenólicos), de los cuales entre 0,7-5,4% se encuentran en la cáscara. Los fenólicos despiertan cada vez más interés por su capacidad para inhibir los procesos de oxidación y por las propiedades fisiológicas que exhiben asociadas a la actividad antioxidante de los mismos. Por lo que su aprovechamiento, teniendo en cuenta la magnitud de este residuo, contribuiría a la economía circular y a la obtención de ingredientes bioactivos para la formulación de alimentos funcionales o como conservantes naturales en productos alimenticios o en packaging bioactivos, en reemplazo de los aditivos sintéticos disponibles en el mercado. De los compuestos fenólicos, los ácidos fenólicos, los flavonoides y los taninos son los grupos más relevantes. Los ácidos fenólicos, según su naturaleza química se pueden clasificar en dos subgrupos, los ácidos hidroxibenzoicos (C 6 -C 1) y los ácidos hidroxicinámicos (C 6 -C 3), siendo estos últimos los de mayor actividad antioxidante. Las cáscaras de girasol están conformadas principalmente por el ácido clorogénico (80% del total de los compuestos fenólicos del extracto soluble) y el ácido cafeico, además de otros ácidos fenólicos que se hallan en menor proporción, tales como los ácidos cinámico, cumárico, ferúlico, sinápico e hidroxicinámico. Según fuentes bibliográficas, las cáscaras de girasol suelen contener cantidades significativas de flavonoides, en particular proantocianidinas, que pueden representar una fracción mayoritaria de los fenoles totales y que poseen una alta actividad antioxidante, aún en bajas concentraciones. Los rendimientos de extracción de fenólicos y la actividad antioxidante dependen de factores ex-

trínsecos tales como condiciones agronómicas, de almacenamiento y métodos de obtención, y de factores intrínsecos, relacionados con la matriz, la variabilidad genética y la composición química de los compuestos bioactivos. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de la variabilidad genética sobre el perfil de ácidos fenólicos y la actividad antioxidante en cáscaras de girasol. El estudio se realizó con cuatro híbridos de características diferenciadas: cáscara negra (ADV5200), cáscara estriada (Aguará6), alto oleico-alto esteárico (NS10584) y ultra alto oleico (NS10452), cultivados en la Unidad integrada Balcarce. Para la obtención de las cáscaras se utilizó una descascaradora centrífuga a escala piloto. Los fenólicos fueron extraídos con etanol al 75% (relación muestra:solvente de 1:10, a 25°C, durante 60 min) y mediante asistencia mecánica (150 rpm), posteriormente, el solvente fue evaporado a sequedad y los extractos fueron congelados, liofilizados y almacenados hasta su uso. Luego, los fenólicos fueron reconstituidos y caracterizados según el perfil de fenólicos mediante la técnica de Cromatografía líquida de Alta Resolución de fase inversa. Para ello, se empleó un cromatógrafo líquido de alto rendimiento UHPLC, equipado con una bomba y detector de longitud de onda variable UV-Visible. La separación se llevó a cabo en una columna Phenomenex NX-C18 110Å (250 x 4,6 mm, 5 µm). La identificación se realizó a 325 nm y el flujo de la fase móvil fue de 1 mL/min y estuvo compuesto por dos solventes: acetonitrilo y una solución acuosa de ácido acético al 1%, empleando una elución por gradiente. Los volúmenes de inyección fueron de 20 µL. Los resultados del perfil de fenólicos fueron correlacionados con estudios previos, tales como la determinación del rendimiento de extracción, el contenido de fenoles totales (Folin-Ciocalteu), el contenido de flavonoides totales (ensayo del tricloruro de aluminio en medio básico) y la actividad antioxidante *in vitro* (ensayos de los radicales DPPH y ABTS) e *in vivo* mediante la evaluación de la estabilidad oxidativa de aceite refinado de girasol con agregado de fenólicos en un equipo Rancimat. En la totalidad de los extractos analizados se halló al ácido clorogénico como el principal constituyente, más del 96% del total de los fenólicos cuantificados, seguido en menor proporción por el ácido cafeico (1,2-2,2%) y los ácidos p-cumárico y ferúlico en concentraciones de 0,1-0,6% y 0,2-0,4%, respectivamente. Cabe destacar que, el perfil de fenólicos estuvo influenciado significativamente ($p \leq 0,05$) por el tipo de híbrido utilizado y que en Aguará6, solo fue posible cuantificar los ácidos clorogénico y ferúlico, pero en concentraciones inferiores a las observadas en los demás híbridos, mientras que, NS10584 presentó los contenidos más altos en todos los ácidos fenólicos estudiados. Aunque el ácido clorogénico representa típicamente el compuesto fenólico mayoritario en cáscaras de girasol y por lo general, su contenido se correlaciona con la actividad antioxidante, en el caso de ADV5200 su concentración fue intermedia. Sin embargo, de este híbrido se obtuvieron los mayores valores de rendimiento de extracción, contenido de fenólicos, actividad antioxidante *in vitro* y mayor tiempo de inducción en el ensayo Rancimat. Estos resultados podrían estar atribuidos a su elevado contenido de flavonoides (84% de los fenoles totales), los cuales son reconocidos como potentes antioxidantes, en comparación con los otros híbridos considerados (60-65% de los fenoles totales), más que por la presencia de ácidos fenólicos específicos. Si bien, los cuatro híbridos de girasol fueron cultivados bajo las mismas condiciones ambientales y agronómicas, la variabilidad genética entre ellos influyó sobre la composición y funcionalidad de sus fenólicos.

Palabras claves: Cáscaras de girasol, perfil de fenólicos, flavonoides, actividad antioxidante.

OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

POTENTIAL ANTIOXIDANT OF EXTRACTS OBTAINED FROM AÇAÍ JUÇARA (*EUTERPE EDULIS*) BAGASSE USING DEEP EUTECTIC SOLVENTS AND EMERGING EXTRACTION TECHNIQUES

Gabriela Polmann¹, Alanna Britisqui Yabiku², Jane Mara Block³, Sandra Regina Salvador Ferreira⁴

¹ Pos Graduate Program in Food Engineering, Chemical and Food Engineering Department, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianópolis 88040-900, Brazil.

² Pos Graduate Program in Food Science, Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianópolis 88034-001, Brazil.

³ Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianópolis 88034-001, Brazil.

⁴ Chemical and Food Engineering Department, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianópolis 88040-900, Brazil.

Euterpe edulis a palm native to Brazil's Atlantic Forest commonly known as açaí juçara. The industrial pulp processing of juçara generates about 80% coproducts such as seeds and bagasse. Açaí juçara bagasse is the fibrous, solid part which is obtained after the process of separating the pulp of the fruit. Despite its nutritional properties and health benefits, this residue is usually discarded as waste. The objective of this study was to evaluate the antioxidant potential using free radical scavenging capacity (DPPH), ferric reducing power (FRAP), copper reducing capacity (CUPRAC), and total reducing capacity (TRC); the content of total phenolic compounds (TPC), flavonoids (FLA), and monomeric anthocyanin pigment (MAP) of extracts obtained from the bagasse of açaí juçara. The extracts were obtained by probe ultrasonic-assisted extraction (UAE), pressurized liquid extraction (PLE), maceration in a Dubnoff type shaking water bath, and Soxhlet extraction. Choline chloride and malic acid (ChCl:Ma) in a 1:1 molar ratio, 45% (pH 2.0) were used as deep eutectic solvent (DES). For comparison purposes, a hydroalcoholic system composed of 0.1 M citric acid and ethanol in a 1:1 (v/v) ratio and pH 1.5 was also used. The extraction parameters were 300 W power at 35 °C for UAE; and 5 mL/min flow rate at 90 °C and 100 bar pressure for PLE. In the DPPH assay, the UAE-DES extract achieved an average free radical inhibition significantly higher when compared to the extract obtained by ethanol/water (66.37%). The UAE-DES extract reached 5.25 milligrams of Trolox equivalents per gram of sample (mg TE/g) of sample, compared to 4.54 mg TE/g for UAE with the hydroalcoholic solution in the FRAP method. Similar results were observed in the CUPRAC (23.54 mg TE/g for UAE-DES and 21.68 mg TE/g for UAE-ethanol/water) and TRC assays (60.67 mg QE/g for UAE-DES and 28.71 milligrams of quercetin equivalents per gram of sample (mg QE/g) for UAE with ethanol/water). These results showed the higher antioxidant potential *in vitro* of the extracts obtained with DES. UAE-DES yielded the highest TPC values, with 142.48 milligrams of gallic acid equi-

valent per gram of sample (mg GAE/g), significantly higher than the 86.49 mg GAE/g obtained with UAE-ethanol/water. UAE-DES achieved 18.04 milligrams of catechin equivalent per gram of sample (mg CE/g), while UAE with the hydroalcoholic solution reached only 9.39 mg CE/g for FLA.MAP, UAE-DES showed 10.88 milligrams of cyanidin-3-O-rutinoside equivalent per gram of sample (mg C3RE/g), compared to 6.48 mg C3RE/g with the conventional solvent. All differences were statistically significant ($p < 0.05$). UAE-DES was the most effective approach for extracting antioxidant compounds and recovering phytochemicals followed by PLE-DES. Extracts obtained using UAE-DES demonstrated high antioxidant potential and rich phytochemical content *in vitro* assays, suggesting applicability as natural food preservatives, particularly in lipid systems susceptible to oxidation. The results indicated that both the extracts and DES could be promising sources of natural antioxidants. However, further investigations on extract characterization and the feasibility of DES application on an industrial scale are required in the future.

Keywords: *Agro-industrial waste, Phenolic compounds, Anthocyanins, Ultrasound, Pressurized liquid extraction.*

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

ENCAPSULACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DERIVADOS DE LAS SEMILLAS DE CHÍA (SALVIA HISPANICA L.) MEDIANTE PROCESOS ELECTROHIDRODINÁMICOS

Estefanía Guiotto¹, Sandra Rivero¹, Vanesa Ixtaina^{1,2}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) (CONICET La Plata, FCE-UNLP, CICBA), Calle 47 y 116 (CP1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina;

² Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FCAyF- UNLP), Calle 60 y 119 (CP1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina

E-mail: esnagui@hotmail.com; sandragmrivero@gmail.com; vanesaix@hotmail.com

Dentro del campo de la nanotecnología el empleo de procesos electrohidrodinámicos constituye uno de los métodos de vanguardia que permite la producción de nanoestructuras a partir de diferentes polímeros. En particular, la técnica se denomina electrospraying o electropulverizado cuando se producen estructuras capsulares. Este procesamiento se basa en la aplicación de un campo eléctrico de alto voltaje, que induce la atomización controlada de una solución polimérica, permitiendo la formación de partículas a escala nanométrica con características morfológicas definidas. Esta técnica constituye una alternativa prometedora para la encapsulación de moléculas bioactivas, especialmente aquellas sensibles al calor. Este método no requiere la aplicación de temperatura durante el procesamiento, lo que favorece la conservación de compuestos termolábiles.

El aislado de proteína de suero (WPI), un biopolímero natural aprobado por la FDA y ampliamente utilizado en la industria alimentaria, ha demostrado ser un material de pared efectivo para la obtención de nanocápsulas por electrospraying. Estas nanoestructuras pueden emplearse para encapsular aceite de semilla de chía, una fuente vegetal rica en ácidos grasos omega-3, con un contenido aproximado del 64% de ácido α -linolénico (ALA). Esta estrategia responde a la creciente demanda de tecnologías de encapsulación innovadoras que permitan proteger y estabilizar compuestos bioactivos con alta susceptibilidad a la oxidación.

El objetivo de esta investigación fue desarrollar nanocápsulas de aceite de chía empleando WPI como biopolímero formador de la pared de las estructuras, mediante un proceso de electropulverizado. Para ello, se formularon nanoemulsiones de tipo aceite en agua (O/W), compuestas por un 10% p/p de aceite de chía y distintas concentraciones de WPI (20, 22,5, 25% p/p). La preparación de las preemulsiones se realizó mediante la homogenización de la fase acuosa (dispersión de WPI) y el aceite de chía, utilizando un homogeneizador tipo Ultraturrax T-25 a 15.000 rpm durante 2 min. Posteriormente, las preemulsiones fueron sometidas a un proceso de microfluidización a 600 bar durante tres ciclos consecutivos. A las nanoemulsiones se les incorporó 12 ppm de nisina y 1000 ppm de sorbato de potasio como agentes antimicrobianos. Finalmente, se evaluó la conductividad eléctrica,

el comportamiento de flujo mediante ensayos rotacionales (Reómetro Discovery HR20), distribución de tamaño de gota, y estabilidad física global (QuickScan).

Las emulsiones obtenidas mostraron un aumento progresivo en la conductividad eléctrica en función del incremento en la concentración de WPI, pasando de 2,11 mS/cm a 2,38 mS/cm. En cuanto al comportamiento reológico, las emulsiones exhibieron un comportamiento de tipo pseudoplástico. La viscosidad aparente determinada a una velocidad de deformación de 500 s⁻¹ aumentó proporcionalmente con el incremento de la

concentración de aislado proteico de suero (WPI), mostrando valores de 0.080, 0.134 y 0.224 Pa·s para las formulaciones con 20, 22,5 y 25% de WPI, respectivamente. Este comportamiento no lineal sugiere la formación de una estructural más densa, posiblemente asociada a fenómenos de agregación o inducidos por la mayor concentración proteica. El tamaño de partículas no presentó cambios significativos ($p > 0,05$) para los diferentes sistemas estudiados, presentando valores en promedio de 340 nm. Todas las nanoemulsiones O/W se mantuvieron físicamente estables, con perfiles de BackScattering sin cambios significativos durante 30 días. Estos resultados indicaron que el proceso de microfluidización resultó ser eficaz en la formación de nanoemulsiones O/W, por otra parte, el aumento en la concentración de WPI modificó significativamente ($p < 0,05$) la viscosidad aparente del sistema con implicaciones importantes para su posterior procesamiento por electropulverizado.

Las estructuras capsulares se obtuvieron mediante un equipo de electrohilado o electropulverizado Spinbox de Bioinicia con una fuente de alimentación de alta tensión (hasta 30kV). Cada muestra se colocó en una jeringa de plástico de 20 mL, conectada a una aguja de acero inoxidable (diámetro interno 0,9 mm) mediante un cable de teflón. Se trabajó a una velocidad flujo constante de 0,4 mL/h. Las nanocápsulas se colectaron en una placa de acero inoxidable conectada al cátodo de la fuente de alimentación, situada enfrente a la jeringa en una configuración horizontal. Se seleccionó la distancia boquilla-colector de 18 cm a fin de favorecer la evaporación del solvente y se aplicó un voltaje de 20 kV. La morfología de los polvos removidos de la placa colectora con aceite de chía encapsulado se examinó utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM). El análisis de imágenes permitió revelar las características de las estructuras obtenidas, evidenciando una morfología predominantemente esférica y de superficie lisa. Las formulaciones con mayores concentraciones de WPI condujeron a la formación de nanocápsulas con una distribución de tamaño más homogénea, lo que sugiere que una mayor concentración de proteínas favorece la estabilidad del flujo y la formación de cápsulas más uniformes durante el proceso.

Palabras claves: *Electrospray, aceite de chía, aislado de proteína de suero (WPI), nanocapsulas.*

PROCESOS DE MODIFICACIÓN**IMPROVING MONOGLYCERIDE OLEOGEL FUNCTIONALITY THROUGH CRYSTAL MODIFICATION****Dominguez, M.^{1,2*}; Carrín, M.E.^{1,2}; Palla, C.A.^{1,2}**¹ Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI), CONICET-UNS, Argentina² Departamento de Ingeniería Química (DIQ), UNS, Argentina

E-mail: mdominguez@plapiqui.edu.ar*; mcarrin@plapiqui.edu.ar; cpalla@plapiqui.edu.ar

Abstract

Increasing awareness of the adverse health effects associated with saturated and trans fats has driven the search for healthier fat alternatives in food products. Oleogelation, which involves structuring oils into semi-solid materials, represents a promising technology in this endeavor, especially when utilizing polyunsaturated fatty acid (PUFA)-rich oils that offer significant nutritional advantages. Oleogels based on monoglycerides (MG) are particularly promising solid fat substitutes, providing acceptable physical and sensory characteristics in different food applications. Minimizing MG content in oleogels is desirable to reduce saturated fat and maintain a nutritional profile close to its constituent oil; however, this may negatively affect oleogel structure and stability. Therefore, this study explored the potential of three different FDA-approved additives—polyoxyethylene 40 stearate (PS), sodium stearyl lactylate (SSL), and polyethylene glycol sorbitan monopalmitate (TW)—as crystal modifiers (CM) for MG, aiming to improve functionality in low-content MG-based oleogels. Oleogels were prepared by hot-mixed chia or flaxseed oil—chosen for their high PUFA content—with a total gelator concentration of 6 wt% and stabilized at refrigerator temperature. The gelator was an MG-CM mixture at 90:10 and 75:25 ratios. An oleogel made only with 6 wt% MG was used as a control. Initially, oil binding capacity (OBC) was used to pre-select the MG-CM ratios for further study. Then, to gain a deeper understanding of the CM impact on oleogel properties, the materials that showed improved or no change in OBC were selected for a comprehensive material characterization, including X-ray diffraction (XRD), FTIR, texture analysis, thermal behaviour, and rheology. Additionally, the oxidative stability of the samples was assessed over time by the peroxide value (PV). The main results are summarized below. The incorporation of CM had a significant impact on oleogel properties, demonstrating that these emulsifiers can be used to engineer specific functionalities. The pre-screening revealed that the type of CM and the MG-CM ratio influenced the oil binding capacity. Based on these findings, the systems containing the lowest proportion of CM (90:10 MG-CM ratio) in both oils were selected for further analysis, except for MG-SSL, as SSL was only effective in the chia oil system. XRD analysis showed that all MG-CM oleogels, except for the MG-PS chia oleogel, exhibited only the most thermodynamically stable β polymorph. In contrast, control oleogels also displayed the sub- α form, indicating that the presence of some CM compounds accelerated the transition to a more stable polymorphic form. The melting properties of the oleogels underwent some changes due to the incorporation of the different CM, which could be beneficial or detrimental depending on the inten-

ded end-use of the oleogel. CM also influenced oleogel hardness and adhesiveness, as well as their viscoelastic properties. The stability of the oleogels over time varied depending on the CM used. OBC decreased over time for most oleogels, but MG-SSL oleogels maintained stability. Flaxseed oleogels exhibited higher oxidative stability than chia oleogels. This superior stability persisted even after 12 weeks of storage, evidenced by PV values lower than the initial levels of chia-based ones, demonstrating the long-term resistance of flaxseed oil to oxidation. However, it is important to emphasize that within chia formulations, the MG-SSL one showed lower PV values over time, suggesting a protective effect against oxidation by this CM. Overall, this study demonstrated that CM can be effectively employed to manipulate the properties of MG oleogels formulated with PUFA-rich oils. By carefully selecting the type of CM, it is possible to design low MG-content oleogels with specific properties, such as improved stability, tailored texture, and controlled oil release. These findings have significant implications for the development of healthier and more functional food products.

Keywords: *oleogel; polyunsaturated oil; monoglycerides; crystal modifier; oxidative stability.*

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE EXTRUSION SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, TÉRMICAS Y TEXTURALES DE HARINA DE QUINOA EXTRUIDA

Aranibar Carolina^{a,1}, Meriles Silvina^{b,2}, Quiroga Fernanda^{a,3}, Lobo Manuel^{b,4}, Borneo Rafael^{a,5}, Penci Cecilia^{a,6}, Martínez Marcela^{c,7}, Ribotta Pablo^{a,8}

^a Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICyTAC-UNC-CONICET), Córdoba, Argentina

^b Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Tecnologías y Desarrollo Social para el NOA (CIITED-UNJU -CONICET), San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina

^c Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV) - (IMBIV-CONICET), Av. VelezSarsfield 1611, Ciudad Universitaria, CP X5000HUA, Córdoba, Argentina

¹ caranibar@agro.unc.edu.ar

² silvinameriles@agro.unc.edu.ar

³ fquiroga@agro.unc.edu.ar

⁴ mlobo958@gmail.com

⁵ rafael.borneo@unc.edu.ar

⁶ cecilia.penci@unc.edu.ar

⁷ marcela.martinez@unc.edu.ar

⁸ pribotta@agro.unc.edu.ar

Resumen

La quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un grano originario de los Andes, libre de gluten. Se caracteriza por su alta biodiversidad y su perfil nutricional excepcional, contiene proteínas de alto valor biológico, antioxidantes, ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico y α -linolénico), fibra dietética, minerales, vitaminas y carbohidratos. La extrusión es una tecnología versátil, rentable y ambientalmente sostenible, ampliamente utilizada en la elaboración de productos alimenticios listos para el consumo y harinas con propiedades funcionales mejoradas. La quinoa, debido a su composición química y sus propiedades funcionales, se presenta como un ingrediente idóneo para este tipo de procesos, ya que mejora la digestibilidad de las proteínas y el almidón, además de aumentar la solubilidad de la fibra dietética. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del proceso de extrusión sobre las propiedades tecno-funcionales de productos expandidos y harinas obtenidas a partir de quinoa entera (QE) y escarificada (QS), esta última con menor contenido de saponinas. La finalidad fue determinar la factibilidad de desarrollar productos listos para el consumo con buena calidad nutricional. Las condiciones del proceso de extrusión incluyeron dos niveles de humedad (15 y 30 %), dos temperaturas de salida (110 y 140 °C) y dos velocidades de tornillo (400 y 700 rpm).

Se aplicó un diseño experimental ortogonal Taguchi con dos niveles para tres factores, lo que resultó en cuatro condiciones experimentales para cada tipo de harina (quinoa entera –QE– y quinoa escarificada –QS–). A los productos expandidos obtenidos se les evaluaron propiedades físicas como densidad aparente, grado de expansión, volumen específico y textura (dureza por compresión). En las

harinas de los productos expandidos se determinaron parámetros como el color (ΔE), índice de absorción de agua (WAI), índice de solubilidad en agua (WSI), propiedades de *pasting* mediante análisis por viscosimetría (RVA 4500 Perten) y consistencia utilizando un texturómetro (TA.XT2i, Stable Micro Systems). Los resultados indicaron que la muestra QS-140 °C-700 rpm-15 %H presentó el mayor grado de expansión ($2,44 \pm 0,10$) y volumen específico ($0,49 \pm 0,01 \text{ cm}^3$), mientras que los valores mínimos se observaron en la muestra QE-140 °C-400 rpm-30 %H ($1,17 \pm 0,08$ y $0,33 \pm 0,01 \text{ cm}^3$, respectivamente). La densidad, una propiedad clave en productos expandidos por su relación con la transformación del almidón, mostró una tendencia inversa al grado de expansión. En este sentido, la muestra QS-140 °C-700 rpm-15 %H registró la menor densidad ($0,34 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$) en comparación con el resto de las formulaciones evaluadas. La evaluación de la dureza de los productos expandidos reveló que la muestra QS-110 °C-400 rpm-15 %H presentó el valor mínimo ($27 \pm 7 \text{ N}$), mientras que la muestra QS-110 °C-700 rpm-30 %H registró la mayor dureza ($154 \pm 67 \text{ N}$). En cuanto al color, la mayor diferencia respecto a las harinas nativas se observó en la muestra QS-140 °C-700 rpm-15 %H, la cual mostró de manera consistente los valores más elevados, alcanzando un ΔE de $17,53 \pm 0,30$. En relación con los parámetros evaluados en las harinas extruidas, se observó que la muestra QS-140 °C-400 rpm-30 %H presentó los valores más bajos tanto en índice de absorción de agua (WAI: $473,94 \pm 9,60 \%$) como en índice de solubilidad en agua (WSI: $7,71 \pm 0,37 \%$). Por el contrario, la mayor capacidad de absorción de agua se registró en la muestra QE-140 °C-400 rpm-30 %H (WAI: $539,74 \pm 3,37 \%$), mientras que la solubilidad más elevada fue observada en la muestra QE-110 °C-700 rpm-30 %H (WSI: $34,15 \pm 3,71 \%$). En cuanto a los parámetros obtenidos mediante análisis RVA, se evidenció que las harinas extruidas desarrollaron viscosidad de forma más temprana durante la hidratación, en comparación con las harinas nativas. Durante la fase de calentamiento, la muestra QE-110 °C-400 rpm-30 %H alcanzó el valor máximo de viscosidad pico ($4300 \pm 2,12 \text{ cP}$), mientras que la muestra QS-135 °C-700 rpm-15 %H registró el valor mínimo ($1744 \pm 3,53 \text{ cP}$). Las pastas obtenidas por RVA a partir de harinas extruidas presentaron valores de firmeza que oscilaron entre $1,35 \pm 0,05 \text{ N}$, correspondiente a la muestra QS-110 °C-400 rpm-15 %H, y $3,74 \pm 0,12 \text{ N}$ para la muestra QE-140 °C-700 rpm-15 %H. Estos resultados reflejan la influencia de las condiciones de extrusión sobre la consistencia del producto reconstituido, posiblemente asociada al grado de gelatinización del almidón y a la interacción con otros componentes de la matriz, como proteínas y fibra dietética. En conclusión, las condiciones de extrusión que favorecieron la obtención de productos expandidos con estructura más abierta, mayor volumen específico y menor dureza fueron: temperatura de 140 °C, velocidad de tornillo de 700 rpm y contenido de humedad del 15 %. Estas variables promovieron una mayor expansión del almidón, generando una matriz más aireada y de baja densidad, adecuada para productos listos para consumir. La extrusión modificó favorablemente las propiedades funcionales de las harinas respecto de las nativas, mejorando parámetros como el índice de absorción de agua (WAI), el índice de solubilidad en agua (WSI), la viscosidad y consistencia de las harinas reconstituidas. Las condiciones óptimas para obtener harinas extruidas con alta capacidad de espesamiento, tanto en frío como en caliente, fueron 110 °C, 400 rpm y 30 % de humedad, lo que sugiere su potencial aplicación en el desarrollo de premezclas, alimentos instantáneos o formulaciones destinadas a poblaciones con necesidades nutricionales específicas. Si bien no se observaron diferencias significativas atribuibles al contenido de saponinas entre las harinas de quinoa entera (QE) y escarificada (QS) tras la extrusión, es posible que el tratamiento térmico y mecánico haya reducido parcialmente su concentración. No obstante, esta hipótesis requiere ser corroborada mediante análisis cuantitativos específicos del contenido de saponinas en las harinas nativas y extruidas.

Palabras clave: *Expandidos; Granos andinos; Extrusión-cocción.*

PROCESOS DE MODIFICACIÓN

PRODUCCIÓN DE COADYUVANTES AGRÍCOLAS A PARTIR DE ACEITE DE SOJA MEDIANTE TRANSESTERIFICACIÓN PARCIAL CONTROLADA

Laoretani Daniela^a, Danilo Figueroa^a, Ramiro Sanchez^a, Pio Aguirre^a, Pablo Bertholt^b, Ignacio Schmidhalter^{a*}

^a Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR Conicet - UTN Santa Fe, Argentina.

^b H.B. Maquinarias S.A.

* E-mail: ischmidhalter@santafe-conicet.gov.ar

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo conceptual de un proceso de fabricación de coadyuvantes agrícolas a partir de aceite de soja (MSO, methylated soybean oil). El MSO es un insumo clave en la formulación de agroquímicos, ya que mejora la eficacia de herbicidas, fungicidas e insecticidas. Su producción se basa en la transesterificación del aceite de soja con metanol, en presencia de un catalizador alcalino (típicamente NaOH), generando ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES) y glicerol.

Convencionalmente, se emplean excesos de metanol (ej. 6:1 molar) para alcanzar conversiones superiores al 95%. Sin embargo, enfoques orientados a coadyuvantes agrícolas priorizan la metilación parcial, utilizando relaciones metanol:aceite más bajas (ej. 1.8:1), a fin de evitar la separación de fases, reducir el consumo de metanol y eliminar etapas de purificación. En este contexto, la baja viscosidad y el carácter monofásico son propiedades funcionales clave. Este enfoque se alinea con principios de economía circular y responde a la creciente demanda de insumos agrícolas sostenibles.

El proceso parte de aceite de soja crudo desgomado, con bajo contenido de ácidos grasos libres y humedad, para minimizar reacciones secundarias. La metilación parcial se lleva a cabo con relaciones metanol:aceite entre 1.5:1 y 2:1, bajo condiciones catalíticas controladas, obteniéndose mezclas de FAMES, monoacilglicéridos (MG) y diacilglicéridos (DG). Este esquema evita la formación de glicerol libre, permite la total conversión del metanol y suprime la necesidad de purificación.

Los productos obtenidos (70–85% FAMES, resto MG/DG) presentan baja viscosidad y propiedades emulsionantes, adecuadas para su uso como coadyuvantes sin aditivos adicionales. El MSO, de origen renovable, es altamente biodegradable (>90%), no bioacumulativo y con baja toxicidad acuática, con una reducción del 60–80% en emisiones de CO₂ respecto a alternativas petroquímicas.

La optimización del proceso permite reducir costos operativos al eliminar etapas de purificación, minimizar y/o eliminar la generación de glicerol y operar a temperatura ambiente. Los ensayos se centraron en minimizar el metanol residual y mantener un sistema monofásico. Su contenido se determinó por evaporación controlada y cromatografía gaseosa (GC).

Se observó que menores relaciones metanol:aceite reducen el metanol residual. La concentración de catalizador (NaOCH₃) afecta la formación de jabones y el contenido de metanol; una relación

catalizador:metanol del 7.3% fue identificada como óptima. El tiempo de reacción óptimo fue de 60 minutos, sin mejoras significativas con tiempos mayores. La temperatura tuvo un impacto limitado, con diferencias menores al 2% en metanol residual entre 25 °C y 60 °C, lo que permite operar a temperatura ambiente.

Las formulaciones obtenidas a 25 °C (D25) y 60 °C (D60) mostraron:

- Índice de saponificación mayor en D60 (185.2 mg KOH/g) que en D25 (177.2 mg KOH/g), indicando mayor conversión a FAMES.
- Fase sobrenadante de D25 sin alcalinidad; residuos jabonosos concentrados en la fase decantada.
- Índice de refracción levemente menor en D60 (1.4591 vs. 1.4602), confirmando mayor conversión.
- Viscosidad levemente mayor en D25 (5.81 cSt vs. 5.42 cSt), compatible con mayor contenido de MG/DG.
- Densidades similares (D25: 0.907 g/ml; D60: 0.906 g/ml), dentro del rango esperado.
- Conversión de metanol elevada en ambos casos (D25: 93.6%, D60: 93.1%).

Los resultados validan la viabilidad de la transesterificación parcial controlada para la producción de MSO con perfiles adecuados de FAMES, MG y DG. Las condiciones óptimas son: metanol:aceite del 8.3% p/p (905–1410 ppm de metanol residual), catalizador:metanol del 7.3%, y 60 minutos de reacción. La temperatura no afecta significativamente la eficiencia del proceso.

Se concluye que el proceso es robusto y aplicable a escala industrial, con reducción de costos, compatibilidad con formulaciones fitosanitarias y bajo metanol residual. Desde el punto de vista ambiental, se destacan la eliminación de aguas residuales y la baja demanda energética.

Para futuras etapas se recomienda estudiar la estabilidad del MSO, ajustar la relación MG/DG/FAMES según la aplicación, evaluar catalizadores alternativos, realizar validaciones a escala piloto y caracterizar el perfil toxicológico del producto. Los resultados consolidan a la transesterificación parcial como una alternativa eficiente, escalable y sustentable frente al proceso convencional.

Palabras clave: *Aceite de Soja, MSO, Transesterificación, Coadyuvantes Agrícolas, Ésteres Metílicos, Metanol Residual.*

REFINACIÓN

EVALUACIÓN INDUSTRIAL DE UNA FOSFOLIPASA C TERMOESTABLE PARA EL DESGOMADO ENZIMÁTICO A ALTA TEMPERATURA

Francisco Colombatti^{1*}, María Eugenia Castelli¹, Salvador Peiru¹, Andres Aguirre¹, Hugo Menzella¹

¹ Keclon S.A. Cerrito 847, 2000-Rosario, Argentina

* E-mail: fcolombatti@keclon.com

En los últimos años, hemos observado un creciente interés y participación de mercado en el desgomado enzimático de aceite. A pesar de esta tendencia global, Argentina presenta desafíos particulares para su adopción. Una de las principales barreras radica en la política fiscal: los derechos de exportación actuales establecen un tratamiento diferencial y menos favorable para el aceite de soja relación a las lecitinas.

Esta situación contrasta con lo que ocurre en países como Brasil, Estados Unidos y China, donde la penetración de esta tecnología es significativamente mayor. Además de las consideraciones fiscales, existen razones tecnológicas importantes: el desgomado enzimático, en su configuración actual, implica una gran inversión que las empresas deben afrontar.

Las fosfolipasas C (PLC) mejoran el rendimiento del proceso de desgomado de aceites al hidrolizar los fosfolípidos en componentes polares y diacilgliceroles, los cuales permanecen en el aceite. Esta reacción libera triacilgliceroles previamente ocluidos por los fosfolípidos, lo que resulta en un aumento del rendimiento de hasta un 2%. Las variantes de PLC de *Bacillus cereus* (BcPC-PLC) con especificidad dual para fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina (PC/PE-PLCs) han demostrado ser más eficaces, ya que PC y PE representan aproximadamente el 70% del total de fosfolípidos en grasas y aceites. A pesar de su eficacia, Los cócteles enzimáticos comerciales destinados al desgomado han sido desarrollados para reaccionar a 55°C. Esto requiere que la planta de molienda asuma el costo de bajar la temperatura del aceite a la salida de la extracción de 80-85°C a 55°C antes de la reacción enzimática. Esto último supone la instalación de un economizador y un enfriador. A su vez, los cócteles comerciales actuales requieren de 2 h de tiempo de reacción. Dado que los maduradores/hidratadores de las plantas que realizan desgomado acuoso suelen tener un tiempo de residencia de 30 minutos, esto implica cuadruplicar el tiempo de reacción. Lo que se traduce en maduradores más grandes y su costo asociado. Finalmente, la separación de las gomas se debe realizar a 75°-85°C, lo cual implica recalentar el aceite que previamente se enfrió para permitir la acción enzimática. Esto último se traduce en la instalación de intercambiadores de calor.

La evaluación industrial de la solución enzimática nos permitió comprender mejor los rendimientos en una molienda de 3000 toneladas de poroto de soja por día. Durante el ensayo, procesamos 5000 toneladas de aceite, variando las condiciones de proceso como la temperatura, los tiempos

de reacción y la dosis enzimática.

Además, evaluamos el desempeño de otros cócteles enzimáticos en la misma línea a 55°C, tanto 10 días antes como 10 días después del ensayo con la enzima termoestable. Los resultados confirmaron que la performance de la enzima termoestable, sin necesidad de inversión de CAPEX, se justifica plenamente. Esto es cierto tanto al compararla con otras opciones enzimáticas como con la alternativa de producir lecitina.

REFINACIÓN

OPTIMIZACIÓN DEL BLANQUEAMIENTO DE ACEITE DE CANOLA MEDIANTE ULTRASONIDO DE ALTA POTENCIA

Amador-Espejo, G.G.^{a*}; De Jesús-Hernández^b, A.C; Delgado-Macuil^b, R.J.; Ruiz-Espinosa, H.^c

^a SECIHTI-IPN. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada.

^b Instituto Politécnico Nacional-Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada.

^c Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química, Colegio de Ingeniería en Alimentos

* E-mail: ggamadores@secihti.mx

Introducción

El consumo elevado de aceites vegetales en México, especialmente en alimentos fritos, ha impulsado la necesidad de métodos más eficientes de refinación que conserven sus propiedades nutraceuticas. El aceite de canola (*Brassica napus* L.), rico en ácidos grasos monoinsaturados como el oleico (18:1) y poliinsaturados como el linoleico (18:2), puede perder valor nutricional si durante su refinamiento se alteran las configuraciones cis de dichos ácidos. El proceso convencional de blanqueamiento a 100 °C durante 180 minutos con 3% de arcilla representa un riesgo tanto para la integridad estructural del aceite y al no existir un reuso de la tierra de blanqueo, se puede convertir en una fuente de contaminación. En este contexto, el presente trabajo propone una alternativa basada en tecnología de ultrasonido de alta potencia, con el objetivo de optimizar las condiciones del blanqueamiento reduciendo recursos y conservando las características tecnofuncionales del producto final.

Materiales y Métodos

Para este estudio, se utilizó aceite de canola desgomado, obtenido por extracción mecánica de semillas. Se aplicó un diseño factorial 2³ con variables independientes: tiempo (60, 75 y 90 min), porcentaje de arcilla (1, 2 y 3% p/p) y tipo de arcilla (tierra diatomea y bentonita), manteniendo una temperatura constante de 60 °C. Se realizaron nueve tratamientos ultrasónicos por cada tipo de arcilla, evaluando la reducción de pigmentos (clorofilas y carotenoides) mediante espectrofotometría UV-Vis. Posteriormente, se aplicó una optimización estadística para determinar las condiciones más eficientes de blanqueamiento. Los tratamientos optimizados para el aceite de canola fueron: 68 min con 1% de tierra diatomea y 90 min con 1.8% de bentonita. Estos tratamientos se compararon con el método convencional para analizar color (L*, a*, b*, C*, h°), viscosidad (Pa·s), índice de yodo (IY), compuestos volátiles (GC-MS), y estructuras moleculares (FTIR).

Los aceites fueron almacenados durante cuatro meses a 4 °C para evaluar su estabilidad oxidativa mediante índice de peróxidos (IP), IY y espectroscopía infrarroja. Se monitoreó la evolución estructural para detectar posibles cambios hacia configuraciones trans.

Resultados y Discusión

Los tratamientos ultrasónicos optimizados lograron una reducción superior al 95% de clorofilas y carotenoides, superando al método convencional (90%). Además, se conservaron las propiedades visuales y reológicas del aceite, con valores de viscosidad de 0.090 Pa·s. Los parámetros cromáticos se mantuvieron estables, lo que indica que el ultrasonido no alteró negativamente el color del aceite. Los análisis FTIR confirmaron la conservación de los dobles enlaces cis (C=C), sin aparición de bandas indicativas de configuraciones trans (940 y 3040 cm^{-1}). El índice de yodo se mantuvo constante (90 g I₂/100 g de aceite), y los compuestos volátiles detectados (hexanal, pentanal, 1-octanol, entre otros) estuvieron presentes en concentraciones bajas, describiendo un perfil aromático aceptable y sin indicios de degradación oxidativa significativa. Durante el almacenamiento, los aceites tratados por ultrasonido mostraron mayor estabilidad oxidativa. A partir del tercer mes, los aceites tratados convencionalmente superaron los 25 meqO₂/100 g de aceite en IP, rebasando el límite permitido por la norma mexicana NMX-F-154-SCFI-2010 (2 meqO₂/100 g). En cambio, los aceites blanqueados con ultrasonido mantuvieron valores por debajo de dicho umbral, indicando menor susceptibilidad a la oxidación primaria.

Conclusión

El uso de ultrasonido de alta potencia como método de blanqueamiento para aceite de canola resultó ser una alternativa viable, eficiente y sustentable. Esta tecnología permitió conservar la calidad nutracéutica del aceite, disminuir el uso de arcilla, tiempo de tratamiento y evitar alteraciones estructurales en los ácidos grasos. Los tratamientos optimizados ofrecieron resultados comparables o superiores al método convencional, destacando su potencial para ser implementado a nivel industrial como una tecnología limpia y eficaz para la refinación de aceites vegetales.

Palabras clave: *blanqueo de aceites; ultrasonido de alta potencia; aceite de canola.*

Referencias

- Abbasi, R., Gharachorloo, M., Ghavami, M., & Mousavi Khaneghah, A. (2017). The Effect of Ultrasonic Waves in Bleaching of Olive and Sunflower Oils and Comparison with Conventional Bleaching. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), 1–7.
- Asgari, S., Sahari, M. A., & Barzegar, M. (2018). Ultrasound-assisted bleaching of olive oil: Kinetics, isotherms and thermodynamics. *Journal of Food Engineering*, 224, 37–44.
- De Jesús-Hernández, A. C., Delgado-Macuil, R. J., Ruiz-Espinosa, H., & Amador-Espejo, G. G. (2023). High-power ultrasound bleaching technique for canola oil (*Brassica napus* L.): Pigments removal and quality parameters. *Food Research International*, 173, 113449.

REFINACIÓN

PERFORMANCE DE LA MEMBRANA ETNA01PP PARA LA RECUPERACIÓN DE ETANOL EN MISCELA DE ACEITE

Daniela S. Laoretani *, Danilo Figueroa Paredes, Oscar Iribarren, Carlos D. Fischer

Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR Conicet - UTN Santa Fe, Argentina.

* E-mail: laoretanid@santafe-conicet.gob.ar

Resumen

Uno de los puntos críticos en la producción de aceites vegetales es la alta demanda energética ocasionada en la destilación del solvente que involucra la etapa de extracción de aceite crudo por solvente. La incorporación de tecnología de membrana en la etapa de recuperación del solvente podría ayudar a reducir el consumo de este, tanto como disminuir el consumo de energía. En este trabajo se estudia una etapa de desolventización mediante membranas, que podría maximizar beneficios económicos y ambientales, manteniendo o mejorando la calidad del producto. Bajo esta hipótesis, se realizan experimentos de desolventización de etanol para una membrana ETNA01PP. Estos experimentos se realizarán con un equipo Celfa Laboratory P-28. Dicho equipo utiliza un disco de membrana en la base de un tanque de 77 mm de diámetro, con un área efectiva de 28 cm².

La micela fue preparada con una concentración de 15% de volumen de aceite. La temperatura y las presiones estudiadas se seleccionaron según las características de la membrana y considerando las condiciones de trabajo industriales, siendo la temperatura seleccionada de 50 °C y las presiones analizadas de 2, 4, 6 y 8 bar. Las muestras obtenidas (alimentación, permeado y retenido) de las experiencias realizadas se analizan en nuestro laboratorio. Para determinar la concentración de etanol en aceite se utilizó una técnica gravimétrica. A la presión de 8 bar, la membrana mostró un flujo máximo de 83.1 L/m²h, con un rechazo de 89 %. El flujo mínimo fue encontrado a la presión de 2 bar, siendo este de 27.6 L/m²h con un rechazo de 82%.

Palabras claves: *Proceso de membrana, producción de aceite vegetal, membrana de alto rendimiento ETNA01PP, proceso ecoeficiente.*

REFINACIÓN

SPECIAL FEATURES IN EDIBLE OIL REFINING

Andrea Bernardini

Commercial Director, Technoilogy
E-mail: andrea.bernardini@technoilogy.it

Technoilogy's Deodorizing System to Handle 3-MCPD and GE

TECHNOILOGY has developed a specialized method for significantly reducing 3-MCPD and GE in refined vegetable oils used in infant formula and food-grade products. These contaminants, 3-mono-chloropropanediol (3-MCPD) and glycidyl fatty acid esters (GE), are unintentionally formed during the refining of vegetable oils, including palm oil. The European Food Safety Authority (EFSA) has identified 3-MCPD, its esters, and GE as public health concerns due to their genotoxic and carcinogenic properties.

The formation of 3-MCPD is primarily linked to chlorine, found in various agricultural inputs and water, under acidic conditions. GE forms from 3-MCPD at high temperatures, especially during the physical refining and deodorizing steps of oil processing. Palm oil, for instance, has average concentrations of 3 ppm for 3-MCPD and 4 ppm for GE.

TECHNOILOGY's solution involves a special chemical reactor designed to mitigate these contaminants, particularly in palm, lauric, EIE-CIE product and soft oils. This reactor can reduce 3-MCPD levels from an input of 1-6 ppm to an output of approximately 0.25-0.35 ppm, with an operating cost of about \$10 per ton of feed oil. Following the reactor step, a washing and drying process, along with post-bleaching and/or post-deodorizing, further reduces GE levels to 0.1-0.2 ppm. The ability to guarantee the reduction of these contaminants is crucial for competitiveness, as major ingredient suppliers and food corporations increasingly demand oils and fats that meet European standards.

Vacuum System (Conventional, Closed Loop and Ice Condensing)

Comparison of three different vacuum systems for an 800 TPD deodorizing plant:

The comparison below is based on specific loads for a suction pressure of 2 Torr, water vapor at 340 Kg/h, air at 15 Kg/h, and FFA at 15 Kg/h.

The systems differ significantly in terms of resource consumption, operational efficiency, and environmental impact.

Motive Steam Consumption: The Conventional Vacuum System has the highest motive steam requirement at 2527 kg/h, followed by the Closed Loop Vacuum System at 900 kg/h. The Ice Condensing System is the most efficient in this regard, consuming only 375 kg/h, representing a significant reduction in steam usage.

Power Consumption: In terms of electricity use, the Conventional System is the least demanding, consuming 78 kWh. However, both the Closed Loop and Ice Condensing Systems consume substantially more power, at 356 kWh and 375 kWh respectively. This increase is primarily due to the

integration of chillers and additional pumps.

Effluent Generation: Environmental impact is notably lower in the Ice Condensing System, which generates just 0.78 m³/h of effluent. The Closed Loop System follows with 1.24 m³/h, while the Conventional System produces the most effluent at 2.87 m³/h, posing greater challenges for wastewater management.

Barometric Water Requirement: The Conventional System is the only one that requires barometric cooling tower, with a significant demand of 290 m³/h. Both the Closed Loop and Ice Condensing Systems eliminate this requirement entirely, offering a cleaner and more sustainable alternative.

Clean Cooling Water Requirement: The Closed Loop System uses a total of 222 m³/h = 32 m³/h for the vacuum unit + 190 m³/h for the chiller. In contrast, the Ice Condensing system requires only 40 m³/h for the vacuum unit, while the Conventional System does not rely on clean cooling water.

Comparison between cold neutralizing, winterizing with horizontal filters and dewaxing with miura filters

Cold Neutralizing with Separators: This method removes free fatty acids (FFA) as soap stock, along with gums and waxes from water degummed sunflower oil, using a centrifugal separator. It offers a compact design with a retention time of approximately 14 hours across crystallizers and a retempering tank. While it requires minimal space, it results in comparatively higher oil losses. Cold neutralization can achieve a maximum cold test of 24 hours at 0 °C, provided the incoming wax content does not exceed 2500 ppm.

Winterizing with Horizontal Filters: This method removes waxes up to 2500–3000 ppm from water degummed neutralized washed bleached sunflower oil. Winterizing employs horizontal filters and filter aid to promote crystal formation and separation. The process takes about 13–15 hours across crystallizers and a retempering tank, depending on the target cold test (48 or 72 hours at 0 °C). Although effective, this process uses filter aid, which aids in crystal formation and growth. A disadvantage is the higher footprint required compared to cold neutralization. An additional consideration is the disposal of spent filter aid, which contains up to 50–55% oil lost.

Dewaxing with Miura Filters: This method removes waxes up to 2500–3000 ppm from water degummed neutralized washed bleached sunflower oil. Dewaxing employs Miura filters which operate under gravity feeding where **no external agent** are added for crystal formation. The process takes about 14–17 hours across crystallizers and a retempering tank, depending on the target cold test (48 or 72 hours at 0 °C). This requires higher operational footprint due to the need for additional crystallizers and Miura filters. The separated waxes may contain 65–70% oil, of which 30–35% can be recovered through a dedicated de-oiling system and residual waxes can be sold as byproduct without any disposal cost.

Keywords: Refining; 3-MCPD; Deodorizing; Neutralizing; Winterizing; Dewaxing.

REFINACIÓN

TECNOLOGIAS PARA REDUCIR PESTICIDAS EN VITAMINA E OBTENIDA A PARTIR DE DESTILADO DE DESODORIZACION DE ACEITE DE SOJA

Fischer Carlos, Ignacio Schmidhalter, Iribarren Oscar A., Laoretani Daniela S*

Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR Conicet - UTN Santa Fe, Argentina.

* E-mail: laoretanid@santafe-conicet.gov.ar

Resumen

El destilado de desodorización de aceites vegetales (ODD) es un subproducto generado en la etapa de desodorización, que representa aproximadamente el 3% del volumen de aceite a ser refinado. Su composición es variable, destacándose un alto contenido de ácidos grasos libres, además de tocoferoles, esteroides y otros compuestos menores. El ODD es de interés en la industria como fuente de antioxidantes naturales, aunque su aprovechamiento presenta desafíos, entre ellos la eliminación de pesticidas presentes, que comprometen la calidad del producto final. Su bajo costo como materia prima, así como la calidad y origen natural de los compuestos bioactivos que contiene, representan fortalezas clave que justifican su valorización.

El objetivo del presente trabajo es comparar diferentes tecnologías en términos de desempeño económico y calidad del producto obtenido, enfocándose en la concentración de tocoferoles y la reducción de pesticidas presentes en el ODD. Se analizaron dos tecnologías: desodorización y destilación molecular. La desodorización batch es la tecnología utilizada habitualmente durante la desodorización del aceite que genera el ODD como subproducto y que, en este caso, sería la materia prima a procesar. Operar en forma batch ofrece versatilidad ante cambios de materia prima, accesible a baja escala de producción, es de diseño simple y requiere un bajo costo de inversión. El proceso consiste en procesar el ODD por lote en un recipiente cerrado mediante inyección directa de vapor, el cual arrastra los compuestos indeseables. Se evaluó también una variante de esta tecnología, que incorpora dentro del recipiente batch, etapas de separación similares a las de la desodorización continua, con el objetivo de reducir los tiempos de procesamiento y aumentar la eficiencia de este tipo de desodorización. Por otro lado, se analizó la destilación molecular (DM). Esta tecnología es de mayor costo de inversión, pero atractiva para productos termosensibles, como los tocoferoles y polifenoles. Opera a muy bajo vacío y baja temperatura, permitiendo tiempos de residencia reducidos y preservando la integridad de los compuestos bioactivos.

Los procesos analizados fueron modelados en Phytos usando Pyomo. La composición del ODD considera pseudocomponentes en la siguiente proporción: 1%wt pesticidas, 53%wt ácidos grasos libres, 46% de compuestos pesados considerando tocoferoles, fitoesteroles y otros. Las variables de proceso fueron: 110°C, 0.6 Pa de vacío para DM y 200°C, 3% de flujo de vapor y 666.61 Pa (5 Torr) para la desodorización. La restricción de calidad considerada según C.A.A. fue de 2 ppm de pesticida

en el producto final. El análisis fue realizado en producción anual de ODD con una capacidad de alimentación para la DM de 40 kg/h y una capacidad de 5000 kg para la desodorización, considerando a ambas capacidades factibles para una producción industrial de ODD en una refinería del norte de la provincia de Santa Fe.

Los resultados muestran una atractiva performance económica para la tecnología de desodorización (Profit: 2.598.143 USD/año), y aún más atractiva la desodorización con la incorporación de 3 etapas de separación (Profit: 3.408.714 USD/año), utilizando relleno similar al de desodorización continua. La DM presenta la desventaja del alto costo de inversión, una menor performance económica (Profit: 2.453.117 USD/año) y la dificultad de cumplir con la restricción de calidad en pesticidas con solo una etapa de separación.

Palabras claves: *Destilado de desodorización de aceite (ODD), obtención de vitamina E, reducción de pesticidas, valorización de subproductos, diseño de proceso.*

SUSTENTABILIDAD

BIORREMEDIACIÓN Y GENERACIÓN DE VALOR AGREGADO A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA ACEITERA

Escalante Julián, Ottado Jorgelina, Gottig Natalia y Garavaglia Betiana

Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario (IBR-CONICET-UNR). Rosario, Santa Fe, Argentina.

La industria aceitera en Santa Fe genera grandes volúmenes de residuos ácidos provenientes de la refinación de aceites vegetales. Estos subproductos, altamente contaminantes y con fuerte impacto en los suelos, aún no cuentan con soluciones de tratamiento eficientes.

Nuestra investigación desarrolló una estrategia biotecnológica innovadora que utiliza bacterias seleccionadas para:

- Reducir drásticamente la toxicidad de los residuos.
- Mejorar la calidad del efluente tratado, haciéndolo más seguro para su disposición.
- Transformar el pasivo ambiental en un activo, generando un bioestimulante agrícola a partir de los propios desechos.

Los ensayos demostraron que este tratamiento biológico no solo disminuye parámetros críticos de contaminación, sino que también mejora el crecimiento de cultivos de lechuga y tomate, agregando valor al sector agroindustrial.

En síntesis, esta propuesta ofrece a la industria aceitera una doble oportunidad:

1. Cumplir con estándares ambientales más estrictos, reduciendo riesgos regulatorios.
2. Diversificar su cadena de valor, transformando residuos en un insumo comercial de alto potencial en el mercado de bioinsumos.

SUSTENTABILIDAD

COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CANOLA UTILIZANDO SOLVENTES VERDES: ISOPROPANOL Y ETANOL COMO ALTERNATIVAS SUSTENTABLES

Róbaló Santos M^{1,3*}, Kazlauskas Kong ES¹, Sánchez RJ⁴, Laoretani DS⁴, Rikal LI¹, de Figueiredo AK¹, Fernández MB^{1,2,3}

¹ Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, TECSE, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

² CIFICEN, UNCPBA-CICPBA-CONICET, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

³ CONICET, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

⁴ INGAR (CONICET-UTN), Avellaneda 3657, S3002GJC Santa Fe, Argentina.

* E-mail: marianarobalos@gmail.com

Resumen

La canola (colza 00) es el tercer cultivo más importante a nivel mundial en términos de producción, siendo su aceite uno de los más consumidos en el mundo por su excelente calidad y propiedades nutricionales (1). En Argentina, su consumo ha ido en aumento, principalmente por sus propiedades beneficiosas para la salud cardiovascular, motivo por el cual se lo conoce popularmente como “aceite del corazón”. En este contexto, el estudio y la optimización del proceso de extracción de su aceite adquieren relevancia estratégica. Actualmente, dicho proceso se lleva a cabo mayoritariamente mediante el uso de hexano, un solvente derivado del petróleo, con efectos nocivos para la salud y el ambiente. Esta situación impulsa la búsqueda de solventes alternativos, de menor toxicidad y menor impacto ambiental, que a su vez permitan alcanzar rendimientos comparables a los obtenidos con hexano.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo comparar los rendimientos de extracción de aceite de canola utilizando etanol e isopropanol (IPA) como solventes alternativos, con el fin de investigar procesos más sustentables y con bajo impacto ambiental. Para ello, se analizaron datos de extracción de aceite obtenidos utilizando un sistema batch con agitador magnético a diferentes tiempos (5, 30, 60, 120, 240 y 1080 minutos), con muestras de 5 g, en una relación sólido solvente de 1:17 y 1:18 para etanol e isopropanol, respectivamente (valores tomados dado que a mayores diluciones no se encontraron diferencias en la extracción para cada solvente), y a una temperatura constante de 323 K(2,3). Luego de la extracción, la mezcla (mezcla líquida de etanol y compuestos extraídos) se separó por centrifugación (Thermo Scientific Sorvall Legend X1, 14069 G, 5 minutos) y filtración. Cada solvente fue evaporado con un rotavapor Büchi R-3000B, obteniendo así el extracto libre de solvente (SFE, solvent-free extract), que contenía tanto aceite como otros compuestos solubles en etanol. El extracto libre de etanol fue lavado con hexano y filtrado. Este paso permitió sepa-

rar una fracción soluble en hexano (aceite) y una fracción insoluble en hexano, conteniendo otros compuestos solubles en el solvente. Finalmente, el hexano fue evaporado, y se recuperó el aceite de canola, cuantificado gravimétricamente.

En base en los ensayos realizados, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) complementado con el test de Tukey. Los resultados obtenidos indicaron que según el tipo de solvente empleado en la extracción, se generaron diferencias significativas en los rendimientos de extracción en todos los tiempos evaluados, siendo el IPA el solvente que alcanzó una mayor cantidad de aceite extraído. A tiempos prolongados se logró una extracción máxima del 92 % con IPA, mientras que con etanol se alcanzó un 77 % como máximo.

En cuanto a la cinética de extracción, el etanol mostró un aumento significativo del rendimiento con el tiempo, observándose un aumento progresivo y significativo. Se obtuvieron valores desde 16,8% (5 min) a 77% (1080 min). En el caso del IPA, el rendimiento aumentó desde un 31,5% (5 min) hasta 92,8% (1080 min). No se observaron diferencias significativas en la extracción de IPA entre 30 y 60 minutos, ni entre 240 y 1080 minutos. Este último comportamiento sugiere que, a partir de cierto punto, el aumento del tiempo de trabajo con IPA no implica una mejora en el rendimiento, lo cual permite optimizar el proceso y reducir el tiempo de extracción. A su vez, el uso de etanol como solvente requeriría de un proceso más largo para lograr buenos rendimientos o similares a los del IPA.

De acuerdo con lo anterior, el uso de isopropanol sería una opción más eficiente respecto del etanol, alcanzando mayores rendimientos en tiempos menores de extracción, a la vez que se posiciona como un solvente sustentable y competitivo frente al uso de hexano en procesos industriales.

Los resultados obtenidos orientan hacia futuras investigaciones acerca de la mejora del proceso de extracción de aceite de canola empleando isopropanol como solvente. También sería de interés el estudio de la calidad del aceite obtenido y el aprovechamiento de los subproductos generados en el proceso.

Palabras Clave: *Solventes verdes, cinética, oleaginosas, aceite de canola*

Bibliografía

- (1) Ahmad, F., Abbas, S., Bibi, A., Luqman, M., & Jamil, M. (2024). Canola Oil as a Bio-additive: Properties, Processing and Applications. In: Bhawani, S.A., Khan, A., Mohmad Ibrahim, M.N., Jawaid, M. (eds) Vegetable Oil-Based Composites. Composites Science and Technology . Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9959-0_4
- (2) Kazlauskas Kong ES, Rikal LI, Orifici LI, de Figueiredo AK, Fernández MB. Extracción de aceite de canola empleando alcohol isopropílico. Resumen en Actas del IX Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICYTAC), 2024, Córdoba, Argentina.
- (3) Sánchez RJ, Fernández MB, Nolasco SM. 2019. Ethanol extraction of canola oil: Kinetics and effects of type of solvent and microwave-pretreatment. OCL 26: 27.

SUSTENTABILIDAD

DISEÑO Y PRODUCCIÓN ÁCIDOS GRASOS CON DIVERSIDAD ESTRUCTURAL: INGENIERÍA METABÓLICA EN MICROORGANISMOS

Lucas JirG1¹, Fernando Bracalente, Nicolas Attala¹, Hugo Gramajo¹ y Ana Arabolaza¹

¹ Universidad Nacional de Rosario (UNR), Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario (IBR)-CONICET
E-mail: jirgl@ibr-conicet.gov.ar; arabolaza@ibr-conicet.gov.ar

Los oleoquímicos constituyen una clase de compuestos alifáticos obtenidos industrialmente a partir de la transformación química de lípidos de origen vegetal y/o animal. Estos productos se clasifican según la longitud de la cadena carbonada, su estado de reducción (ácidos, aldehídos, ésteres, olefinas, alcoholes, alcanos) y la presencia de grupos funcionales. Tales características estructurales determinan su valor y aplicaciones, que abarcan desde biocombustibles, detergentes, lubricantes y tensioactivos industriales, hasta cosméticos y productos de cuidado personal. La amplitud de este espectro de usos, y en particular la producción de biodiésel, ha impulsado el crecimiento sostenido de la industria oleoquímica.

A futuro, la posibilidad de satisfacer la creciente demanda de oleoquímicos de manera sostenible dependerá de la evolución del sector y de las materias primas utilizadas. En este contexto, el aprovechamiento de fuentes no alimentarias y de bajo impacto ambiental surge como una alternativa tecnológica en desarrollo, alineada con modelos de producción renovables y sustentables. Entre estas opciones destacan los lípidos microbianos -ácidos grasos (AG), triglicéridos (TAG), alcoholes y ceras- los cuales no solo representan una vía para cubrir la demanda, sino también para ampliar la diversidad estructural de los compuestos disponibles.

El uso de herramientas de ingeniería genética y metabólica permiten “editar y diseñar” variaciones en la composición lipídica de los microorganismos. Cabe destacar que la mayoría de los AG presentes en aceites vegetales comerciales corresponden a AG lineales de cadena larga ($\geq C16$, saturados o insaturados), mientras que los lípidos de cadena media ($C8-C12$) o funcionalizados (con ramificaciones, grupos hidroxilo o ciclopropano) son mucho menos frecuentes, salvo en casos particulares como los aceites de coco, palmiste o ricino. Dado que las propiedades físicas y químicas —y, en consecuencia, las aplicaciones— de aceites, grasas y oleoquímicos dependen en gran medida de la estructura de los AG, resulta de gran interés ampliar esta diversidad mediante desarrollos biotecnológicos.

En este marco, nuestro grupo de investigación se especializa en el estudio del metabolismo lipídico en bacterias modelo y posee una amplia trayectoria en la caracterización de microorganismos oleaginosos. En particular, trabajamos en el diseño racional y la construcción de cepas recombinantes capaces de sintetizar AG funcionalizados, como ácidos grasos metil-ramificados y AG hidroxila-

dos. Los ácidos grasos metil-ramificados (MBFA) presentan propiedades superiores a sus homólogos lineales, incluyendo puntos de fusión más bajos, mejor fluidez a bajas temperaturas y mayor estabilidad oxidativa. Un ejemplo comercial es el ácido isoesteárico, una mezcla de AG con grupos metilo en posiciones aleatorias (R-MBFA) obtenida mediante la isomerización química del ácido oleico. En nuestros estudios, hemos demostrado que, mediante estrategias biotecnológicas, *Escherichiacoli* puede sintetizar *in vivo* una mezcla diversa de R-MBFA; así como también hemos desarrollado cepas recombinantes capaces de producir AG portadores de otros grupos funcionales.

Palabras clave: *Novel lipids; Metabolic engineering; Microbial cell factories*

SUSTENTABILIDAD

FLEXIZYME PROJECT: A GREENER APPROACH TO FATTY AMINE PRODUCTION

M.V. Ruiz-Méndez

E-mail: mvruiz@ig.csic.es

Bio-based products through sustainable by-products

Standing for the “Construction of a FLEXIble and adaptable enZYmatic biotechnological platform for sustainable industrial production of bio-based FAs from side stream materials”, FLEXIZYME’s aim is to consider all the development steps to obtain biobased FAs from fat-rich and protein-rich feedstocks to fit real industrial needs.

Objective

Fatty amines possess cationic and surface-active properties, finding applications in cosmetics, coatings, detergents, and more with a projected market growth to \$5.54 billion by 2027.

The traditional “nitrile route” for their synthesis is flawed by drawbacks like high energy needs, toxic catalysts, harsh conditions, and low selectivity, resulting in complex amine mixtures. Biotechnological alternatives, deploying enzymes, offer a sustainable alternative, characterized by mild conditions and high selectivity but their industrial implementation is hampered by cost and complexity challenges. Currently, there’s a lack of a holistic approach that considers upstream, midstream, and downstream factors when designing biotechnological processes.

FLEXIZYME aims to pioneer an interdisciplinary, systematic biotechnological platform for fatty amine production from fat and protein-rich residues, encompassing all process stages. Integrating cutting-edge technologies will address limitations hindering enzyme use in cosmetics, detergents, and agriculture. Scaling up and validation across these sectors is a pivotal project aspect.

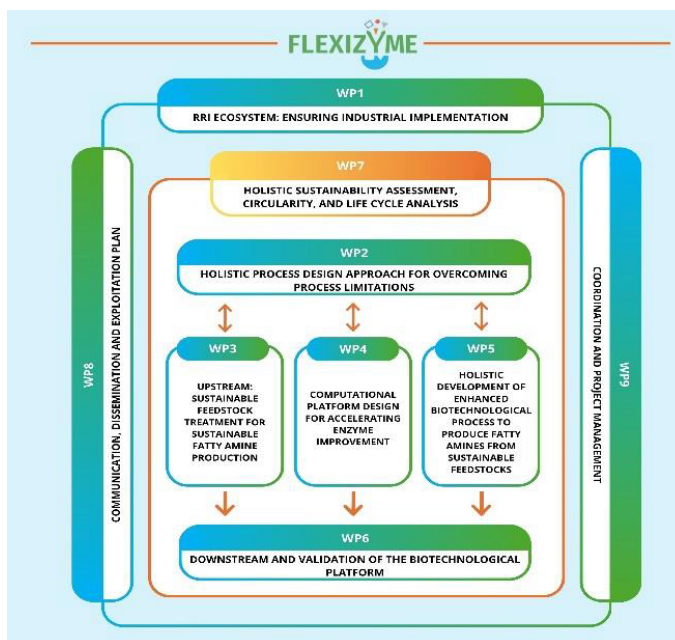
Key project elements include a chemo/enzymatic approach, enzyme engineering/improvement, machine learning tools applied to experimental and in silico data, reactor design and monitoring. These findings will culminate in a biotechnological platform for fatty amine production, encouraging widespread adoption of biotechnological industrial applications.

Guided by Techno-Economic Assessment and Life Cycle Assessment, FLEXIZYME ensures productivity, yield, robustness, and flexibility. A multi-actor approach and interdisciplinary collaboration aligned with industrial needs will streamline the implementation of the biotechnological platform’s outputs in industry. This flexible, versatile biotechnological platform marks an innovative departure from existing fatty amine production processes, addressing current limitations enhancing environmental performance. “An upstream, midstream, and downstream approach”.

This project has received funding by the European Union under the Circular Bio-Based Europe Joint Undertaking under Grant Agreement No 101157528

An integrated holistic approach will be deployed to drive the technological development within the project.

FLEXIZYME will apply a Responsible Research and Innovation (RRI) -driven stakeholder-dependent interdisciplinary approach to ensure industrial implementation of the biotechnological platform and to design and frame a strategy for assessing the various ethical, societal, and gender issues related to the development implementation, and adaptation of FLEXIZYME.



A Consortium of experts

FLEXIZYME has a well-balanced consortium covering all the value chain from residue valorisation to end-users. It includes academic institutions specialising in fundamental R&D, enzymatic processes, and sustainability assessment and industry. The consortium members offer a well-rounded set of skills and resources across the value chain, with a collaboration that spans from R&D to commercialisation, ensuring a comprehensive approach and a grounded commitment to contributing towards the development of circular bioeconomy in the European Union.

Keywords: *Green chemistry; Fatty amines; IA; Enzyme engineering; Oil Refining-Rich Protein By-products; Circular Economy.*

This project has received funding by the European Union under the Circular Bio-Based Europe Joint Undertaking under Grant Agreement No 101157528

SUSTENTABILIDAD

GLYCEROL VALORIZATION: A KEY TO IMPROVE THE SUSTAINABILITY OF BOTH OIL AND BIODIESEL INDUSTRIES

Lisandro R. Ferrari^{1,2}, Leonardo A. Gusé¹, Diego J. García Touza², Carlos M.J. Casas², Raúl A. Comelli^{1*}

¹ INCAPE (UNL – CONICET). CCT-CONICET-Santa Fe. 3000-Santa Fe, Argentina.

² Varteco Química Puntana S.A. 1672-Villa Lynch (Pcia. de Buenos Aires), Argentina.

* E-mail: rcomelli@fiq.unl.edu.ar

Abstract

Argentina has an installed capacity of 4.0 Mtn/year of biodiesel, being 82% located in the Province of Santa Fe. The biodiesel process also produces glycerol, about 10wt.% of the total product; consequently, 0.4 Mtn/year of glycerol would be available, being 0.2 Mtn/year the USP grade glycerol capacity which is mainly to export. Glycerol can be considered as the “co-product” in the biodiesel process, and it could be fed as raw material to a biorefinery.

Selective oxidations of glycerol in liquid phase to dihydroxyacetone (DHA) and lactic acid, selective reductions of glycerol in gas phase to propylene glycol (PG) and/or ethylene glycol (EG), and the steam reforming of glycerol to hydrogen (H₂) or syngas (hydrogen plus carbon monoxide), were studied to produce those added-value chemicals and energy vector compounds and also to show a possible integration of processes into a biorefinery framework.

Catalyst preparations, techniques and equipments for their characterizations, and systems to measure their catalytic performances, were previously published [1].

Selective oxidations of glycerol in liquid phase produced: *i*) DHA on Pt/K-FER, being the first active and selective monometallic catalyst in this reaction, improving catalytic behavior using Pt-Bi/K-FER, reaching 75.9% conversion and 93.9% selectivity to DHA [2]; and *ii*) lactic acid on Cu/Al₂O₃, obtaining 99.8% conversion and 86.5% selectivity to lactic acid. Selective reductions of glycerol in gas phase produced: *i*) PG on Cu-Ce/Al₂O₃, reaching 99.8% conversion and 83.2% selectivity to PG [3]; and *ii*) EG on Ni/SiO₂, achieving 100% conversion and 91% selectivity to EG in the liquid fraction [4]. These reduction reactions demand H₂, which can be obtained by steam reforming of glycerol using Ni/Al₂O₃ promoted by adding compounds such as Ce, Co, Mg, and Zr; this steam reforming also produced carbon oxides and methane, being possible to use the syngas (H₂ plus carbon monoxide) and methane as energy vector compounds and carbon dioxide to carbonylation reactions.

From the strong link with the productive sector, two pilot plants are in the final building step, one to produce 100 tn/year of PG from glycerol but versatile to also obtain acetol (intermediate product in the reaction to PG) and/or EG, and another one for reforming glycerol to produce the H₂ demanded for the previous reduction processes. Consequently, glycerol was converted to DHA,

lactic acid, PG, acetol, EG, H_2 , syngas, carbon dioxide, and methane; then, the possible integration of the corresponding processes allows consider the co-product of biodiesel as an example to apply the concept of biorefinery [1]. In 2021, the project “GLYCEROL as Raw Material for BIOREFINERY” received the Technological Innovation Award from the ACADEMIA NACIONAL de CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS y NATURALES – ANCEFN of Argentina. Nowadays, a new project is under development being its objective to design and build an integrated platform to validate in a bench scale, catalytic processes which taking place in both liquid and gas phase, adding value to the oleochemical chain, using initially glycerol as raw material.

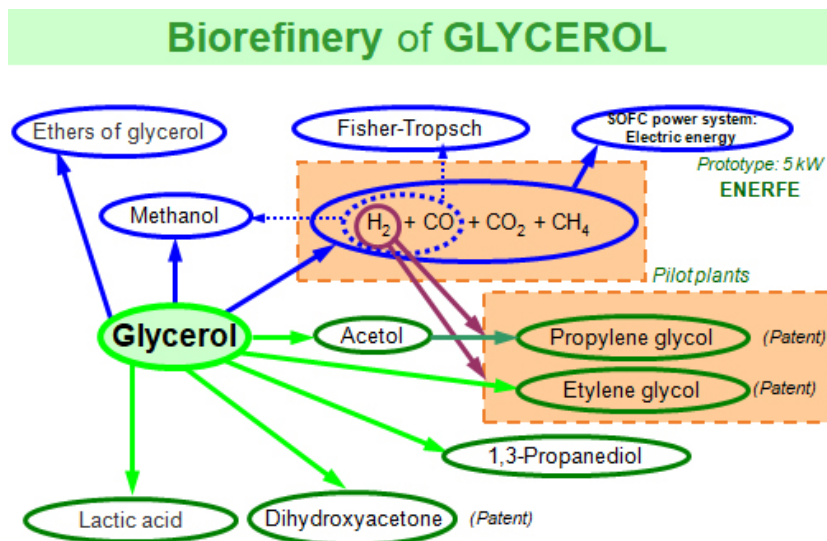


Figure 1. Added-value chemicals and energetic compounds from glycerol.

Conclusion

Glycerol valorization should be considered a viable alternative for the sustainability of the oil and biodiesel industries. Process integration using glycerol as a feedstock and applying the biorefinery concept should be viewed as an opportunity to obtain value-added products and compounds used as energy vectors. Finally, the interaction of different productive actors, such as oil and biodiesel producers, and those with usable/adaptable equipment, can facilitate the validation of processes on a small scale and subsequently assess their applicability on an industrial/commercial scale..

Keywords: *Glycerol; Propylene glycol; Ethylene glycol; Dihydroxyacetone; Hydrogen; Lactic acid.*

References

- L.R. Ferrari, F.E. Tuler, E. Promancio, L. Gusé, D. García Touza, C. Casas, R.A. Comelli; *Catalysis Today* 394-396 (2022) 247-255.
- R.A. Comelli, S. Antuña; Un Catalizador de oxidación selectiva de glicerol a dihidroxiacetona y un proceso para su elaboración: AR 078267 B1 (2016).
- R.A. Comelli, L.R. Ferrari; Catalytic process for the production of propylene glycol from glycerol in the presence of a cerium and copper catalyst: EP 3 235 566 B1 (2019); US 10,857,522 B2 (2020); BR 112017012993-0 (2021); and AR 098779 B1 (2021).
- R.A. Comelli, F.E. Tuler; Un proceso de obtención de etilenglicol a partir de glicerol y un catalizador de Ni para este proceso: AR 114944 B1 (2022).

SUSTENTABILIDAD

MODELOS CIRCULARES: UNA PROPUESTA PARA LA INDUSTRIA PESQUERA DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

Canale, Sandra¹; Fail, Alejandra²; Sánchez Rossi, María Rosa³; Bergese Melisa⁴ y D’Jorge, Lucía⁵

Institución de pertenencia: Facultad de Ciencias Económicas–UNL

¹ scanale@fce.unl.edu.ar

² afail@fce.unl.edu.ar

³ mariarosasanchezrossi@gmail.com

⁴ bergesemelisa@gmail.com

⁵ luciadjorge@gmail.com

La Economía Circular (EC) es considerada una de las múltiples opciones para promover la sostenibilidad del sistema; un arquetipo dentro de diversos modelos empresariales sostenibles (Geissdoerfer *et al*, 2018). Desde la Revolución Industrial, las empresas han llevado adelante sus actividades bajo el modelo “producir-consumir-desechar”, hoy denominado economía lineal. Por el contrario, la EC persigue el objetivo de transformar la administración de los recursos, los modos de producción, la utilización de los productos y la gestión de los materiales después de su uso. Tiene el potencial de generar sinergias positivas en los ámbitos económico, social y medioambiental fomentando la innovación y, en consecuencia, optimizando los procesos.

El objetivo de este trabajo es identificar las actividades productivas que surgen a partir del proceso de hidrólisis enzimática de extracción de aceite utilizando para ello los desechos de la industria pesquera de la zona del Litoral en Argentina y evaluar las características circulares de estos negocios. Resultados preliminares del análisis técnico realizado sugieren que es viable la obtención de aceites de pescado de río con un aceptable contenido de ácidos grasos ricos en omega 3.

En el gráfico 1 se propone un modelo para estudiar las características de los negocios circulares. Dentro del mismo se halla el marco ReSOLVE establecido por la Fundación Ellen Mac Arthur (2015), que sugiere un conjunto de acciones para facilitar la transición hacia una economía circular (EC), las que pueden ser implementadas por empresas y promovidas por políticas públicas. Estas acciones buscan maximizar el uso de activos físicos, extender su vida útil y cambiar a recursos renovables con un enfoque que incluye seis estrategias: **1-Regenerar**: Fomentar el uso de energías renovables y restaurar ecosistemas; **2-Compartir**: Promover la reutilización y el mantenimiento de activos, **3-Optimizar**: Mejorar la eficiencia de productos y reducir residuos, **4-Bucle**: Refabricar y reciclar materiales, **5-Virtualizar**: Reducir la necesidad de recursos físicos y **6-Intercambiar**: Sustituir materiales obsoletos por opciones más sostenibles.

Considerando los principios de la EC y el marco ReSOLVE podría inferirse que el procesamiento de los residuos de pescados de río para la obtención de aceite optimiza los desechos de pescados de

río al reducir los residuos mencionados, generando un bucle con la obtención del aceite. Además, un subproducto que surge del proceso podría ser ocupado para la generación de harina con destino a la producción de alimentos para mascotas, reforzando el ciclo circular mediante la creación de un nuevo bucle. De este modo, se cumple con los principios preservación del capital natural, optimización del rendimiento de los recursos y la promoción de la eficacia.

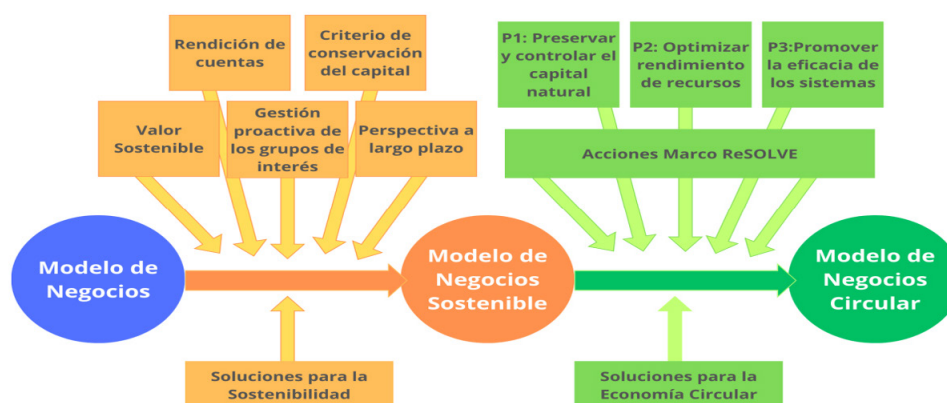


Gráfico 1-Evolución de modelos de negocios tradicionales a circulares. Fuente: Canale et al (2024)

En la actualidad sólo se producen aceites ricos en omega 3 a partir de pescados y frutos de mar por lo que resulta innovadora la obtención de este ácido graso con el procesamiento de pescado de río. Las pruebas preliminares se realizaron con los restos de las especies sábalo y boga, características de la región del Litoral. Así, se presenta una oportunidad con destino a la industria pesquera de la región para generar valor agregado en su producción, lo que se lograría a través de la obtención de ingresos por los desperdicios y/o el ahorro en los costos asociados al tratamiento de su eliminación.

Además, los productos a obtener podrían fomentar la asociatividad entre PYMEs, promoviendo el desarrollo de nuevas industrias y unidades de negocio en la región, con un posible impacto positivo en los niveles de inversión y ocupación. Estas acciones no sólo benefician la rentabilidad, sino que también mejoran la imagen empresarial al vincularse con el cuidado del medio ambiente.

El proyecto del cual se desprende este escrito se desarrolla en el marco de un programa conjunto entre la provincia de Santa Fe y la Universidad Nacional del Litoral, por lo que sus resultados podrían ser considerados por empresas y gobiernos locales para potenciar actividades productivas generadoras de rentabilidad económica, respetuosas del capital ambiental y promotoras de empleo equitativo para la región, alimentando el círculo virtuoso de la quintuple hélice que busca promover la sinergia Universidad-Estado-Empresas-Sociedad Civil y Medio Ambiente.

Palabras clave: sostenibilidad-innovación-actividades productivas-capital natural.

Referencias

- Canale, S., Fail, A. y Bergese, M. (2024). De la sostenibilidad a la Economía Circular: un análisis empírico. Ponencia XLVII Congreso IAPUCo, Tandil, Argentina.
- Fundación Ellen MacArthur (2015). Hacia la economía circular: fundamentos económicos y empresariales para una transición acelerada. Recuperado de: https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf
- Geissdoerfer, M.; Morioka, S. N.; de Carvalho, M. M. & Evans, S. (2018). Business models and supply chains for the circular economy, *Journal of Cleaner Production*, 190, 712-721.

SUSTENTABILIDAD

PREVENCIÓN DE EXPLOSIONES DE POLVO

Lic. Sebastian Vicco

Siecons Ingeniería SRL

Objetivo: Promover la toma de conciencia sobre los riesgos asociados a explosiones de polvo en la industria, conocer las medidas de control recomendadas por la normativa incluyendo el uso de nuevas tecnologías para llevar dichos riesgos a un nivel aceptable.

Índice temático:

Conceptos generales sobre Explosión de Polvos

- Abordaje del marco conceptual
- características de peligrosidad
- rango y concentraciones mínimas de explosividad
- energías mínimas de ignición
- influencia del tamaño de partícula
- conceptos de explosiones sucesivas
- conceptos de capa y nube de polvo.

Normas y referencias:

NFPA (National Fire Protection Association)

- NFPA 652: Fundamentos sobre polvos combustibles.
- NFPA 654: Prevención de incendios y explosiones por polvos combustibles.

Normas Europeas (ATEX y EN)

- Directiva ATEX 2014/34/UE: Equipos y sistemas de protección en atmósferas explosivas.
- UNE-EN 1127-1: Prevención de explosiones en atmósferas explosivas.

Identificación de peligros de explosión en los materiales utilizados

- Conceptos de Kst y Pred.
- Criterios de determinación de valores para el diseño de nuevos equipos o dimensionamiento de las protecciones.

Normas y referencias:

- NFPA 68 – Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting. Usa Kst y Pmax para calcular el área de venteo requerida en equipos y silos.
- NFPA 69 – Standard on Explosion Prevention Systems. Requiere Pmax y Kst para dimensionar sistemas de supresión y aislamiento.

Clasificación de áreas según Normas IEC

Conceptos generales de las normativas utilizadas para clasificación de áreas según IEC 60079-10-2,

apartados 3.9, 3.10 y 3.11 para determinar zonas 20, 21 y 22 respectivamente, y en el apartado 4.5 los principios para su delimitación en función de la frecuencia y duración de la presencia del polvo en suspensión.

Análisis de riesgo de explosiones con el método DHA

Incluye la forma en que debe desarrollarse la evaluación de riesgos en la operación, los requisitos mínimos que debe cumplir el estudio y las competencias del equipo responsable. Considera además los criterios técnicos para la identificación y ponderación de los peligros, así como la posterior gestión y seguimiento del plan de acción derivado del análisis.

Normas de referencia:

- NFPA 652, Capítulo 7 (Dust Hazard Analysis)
- NFPA 654, NFPA 61, NFPA 484, NFPA 664 → Normas específicas por industria (procesamiento de plásticos, metales, madera, alimentos, etc.) que deben complementarse con el DHA de la NFPA 652.

Medidas de Prevención de carácter organizativas

- Presentación de las principales medidas organizacionales para la prevención de explosiones y que deben estar incluidas en el sistema de gestión de la empresa a saber,
- procedimiento para la Gestión del Cambio ya sea de nuevas instalaciones, equipos o procesos.
- Programas de Housekeeping orientados a reducción de polvos acumulado,
- Planes de mantenimiento preventivo,
- Programas de inducción a la problemática de explosión de polvos y capacitación periódica al personal y contratistas.

Medidas de prevención de carácter técnico

Presentación de las principales medidas de ingeniería empleadas en la prevención de riesgos para cada uno de los equipos de la industria: sensores, transmisores, instrumentos, automatización, enclavamientos, termografía, detectores de llama y de calor. Características de los sistemas de aspiración.

Dispositivos críticos de seguridad (funcionamiento y prueba)

Presentación del plan de gestión de los dispositivos críticos de Seguridad, rangos de operación, de alarma y de parada de equipo. Pruebas periódicas de funcionamiento.

Medidas de mitigación

Planes de emergencia, venteo de explosiones y dispositivos de supresión de explosiones.

Diseño de un Plan de Gestión de riesgos de explosiones de Polvo

Descripción del proceso para la elaboración de un plan de gestión de riesgos que contemple desde las etapas iniciales de diseño, incluyendo las primeras acciones de implementación, hasta el establecimiento de un sistema de seguimiento y revisión periódica que garantice la continuidad y mejora de las medidas adoptadas.

Palabras claves: Explosiones de polvo; seguridad de procesos; process safety management; gestión de riesgos de procesos; prevención; seguridad.

SUSTENTABILIDAD

SUPERCRITICAL TECHNOLOGIES FOR THE VALORIZATION OF VEGETABLE OILS AND DERIVATIVES

Natalia Cotabarren^a, Pablo Hegel^a, Luis Ignacio Granone^{b,c,*}

^a Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur (UNS). Planta Piloto de Ingeniería Química – PLAPIQUI (UNS-CONICET), Bahía Blanca, Argentina.

^b Departamento de Química y Bioquímica, FCEyN, UNMdP, Deán Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. Instituto de Investigaciones Físicas de Mar del Plata (IFIMAR, UNMdP-CONICET), Deán Funes 3350, Mar del Plata, Argentina.

^c eCO2 innova SRL, Mar del Plata, Argentina.

* E-mail: ligranone@mdp.edu.ar, info@eco2innova.com.ar

Supercritical and subcritical fluid technologies have gained strategic relevance in the agroindustrial and bio-based chemical sectors, offering sustainable, scalable, and cost-efficient alternatives to conventional oil processing methods. These innovations address growing consumer and regulatory demands for safer, cleaner products while unlocking new opportunities in the valorization of vegetable oils and their by-products.

Using carbon dioxide (CO₂) as an environmentally benign and widely available solvent, these technologies enable the selective extraction and refining of high-value compounds, maintaining the integrity of natural antioxidants, flavors, and bioactives. Co-solvent strategies with liquefied gases such as propane or isobutane significantly improve extraction yields and reduce operational pressures, facilitating industrial implementation.

Recent developments in high-pressure extraction systems, validated at both laboratory and pilot scales, have shown promising results with oilseeds such as *Carthamus tinctorius*, as well as with specialty raw materials including peach pits, grape seeds, and olives. Furthermore, strategies such as counter-current separation with supercritical fluids enable continuous processing for the removal of free fatty acids, off-odors, and flavors from edible oils, as well as for the upgrading of deodorizer distillates. This approach enables multistage treatment and continuous, optimized operation, with higher throughput. When applied to free fatty acid removal and deodorization, this method preserves valuable minor components such as phytosterols and tocopherols. Additionally, the moderate operating temperatures prevent undesirable modifications of the fatty acid profile, avoiding the formation of trans isomers and cyclic fatty acid monomers.

Cost estimates for counter-current supercritical fluid processes vary depending on the specific application. In low-throughput scenarios, high investment costs often dominate total costs. In contrast, large-scale operations demonstrate that processing capacity is the key factor influencing industrial economic viability. For example, the removal of free fatty acids from edible oils is associated with an estimated cost of approximately 1.5 USD per kilogram of purified product when processing 900 tons of raw oil per year. Increasing the throughput one hundredfold can reduce this cost by an

order of magnitude. Similarly, the cost of separating tocopherols from edible oil distillates decreases significantly with increasing throughput. At processing rates of 10, 20, and 50 tons per year, the estimated separation costs are approximately 80, 50, and 30 USD per kilogram of product, respectively.

Beyond refining, supercritical fractionation techniques enable the selective separation of polyunsaturated fatty acids. The tunable solvating power of supercritical CO₂, combined with precise control of pressure and temperature, allows for the enrichment of specific fractions with high nutritional and functional value. This capability is particularly relevant for producing concentrates with applications in food, nutraceuticals, and pharmaceuticals. Industrial-scale implementations, currently applied to the fractionation of fish oil and microalgae oil, demonstrate the feasibility and competitiveness of this approach for obtaining high-purity omega-3 fatty acids. Compared to conventional molecular distillation, supercritical fractionation operates under milder conditions, thereby minimizing thermal degradation and preserving bioactivity, while offering continuous operation and improved scalability. The increasing availability of commercial-scale equipment, coupled with advances in process integration and solvent recycling, positions supercritical and subcritical technologies as key enablers of circular bioeconomy strategies. Their adoption strengthens competitive differentiation, reduces environmental footprints, and opens new markets for value-added oils and nutraceutical ingredients.

Keywords: *Sustainability, supercritical CO₂, advanced extraction technologies, subcritical propane, counter-current separation, selectivity.*

SUSTENTABILIDAD

SUSTAINABLE KETAL PRODUCTION FROM GLYCEROL AND ETHYL LEVULINATE: THERMODYNAMIC PROPERTIES AND DESIGN OF OPERATING CONDITIONS

Benjamín Díaz^{a,b*}, Claudia Llanos^c, Francisco A. Sanchez^{a,b}, Pablo Hegel^{a,b}

^a Planta Piloto de Ingeniería Química – PLAPIQUI (UNS-CONICET), C. Carrindanga km. 7.5, Bahía Blanca, Argentina

^b Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur (UNS), Avda. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina

^c Instituto de Investigaciones para la Industria Química – INIQUI - Centro Científico Tecnológico Conicet Salta-Jujuy, Argentina

The transformation of biomass-derived intermediates into value-added compounds is a crucial aspect of sustainable chemical processes. Ketals synthesized from glycerol and ethyl levulinate have potential applications such as bio-based fuel additives, solvents, and polymer precursors [1]. This study integrates thermodynamic modeling using a Group Contribution Equation of State (GCA-EOS) with experimental high-pressure phase behavior analysis to optimize ketal production pathways. Several chemical routes have been proposed to promote the valorization of glycerol, a byproduct of the biodiesel industry whose price decreases notably due to market saturation [2]. Particularly, the reaction between ethyl levulinate and glycerol produces a five-membered ketal, the main product, along with a six-membered ketal as a by-product, in addition to water [1]. It is an interesting pathway under research by several authors to obtain value-added products from low-cost renewable resources. Ethyl levulinate can be obtained from the reaction of biomass derived from raw materials with ethanol, and the use of ethanol as the alcohol for its synthesis, which is obtainable from renewable resources together with the overall low costs, make ethyl levulinate a valuable product [3].

Kinetic studies employing H,Y-zeolite catalysts in batch and continuous milli-reactors demonstrate improvements in activation energy and reaction selectivity [1]. The integration of thermodynamic modeling with experimental analysis highlights key effects of solvent polarity, supercritical behavior, and CO₂-enhanced reaction environments [4]. Phase equilibrium engineering [4] allows for decoupling of temperature, pressure, and solvent ratio influences, critical for designing intensified reaction systems with high efficiency.

Experimental measurements of isochores for binary systems—ethanol-ethyl levulinate, ethanol-CO₂, ethyl levulinate-CO₂, glycerol-CO₂, and glycerol-ethyl levulinate as well as ternary and multicomponent mixtures of key components provide insight into phase behavior under elevated pressure and temperature conditions. Isochores have been measured in a temperature range between 40 °C and 300 °C and pressures ranging from atmospheric pressure to 340 bar. These data are complemented by a group contribution thermodynamic model to predict vapor-liquid equilibrium (VLE), reaction equilibria, and solvent interactions, refining the selection of optimal process conditions.

The inclusion of glycerol-ethyl levulinate equilibrium data further supports solvent screening and reaction media optimization.

This work presents a comprehensive approach combining thermodynamic modeling and process optimization strategies, contributing to the advancement of sustainable ketal synthesis methodologies. The synergy between experimental data and predictive modeling enhances the understanding of phase behavior, paving the way for eco-friendly, biomass-derived ketal production with scalable industrial applications.

Keywords: *Sustainability, Green Processes, Phase equilibria, Density Type of presentation: poster*

References

- [1] Liu, Haiyang, Zhen Ma, Xueli Liu, Yuan Wu, Weihong Zhang, Shiqiang Zhao, Wei Chen, and Chun Chang. (2024). Green synthesis of biobased glycerol levulinate ketal in a continuous flow reactor: Optimization, kinetics and simulation. *Applied Energy*, 361, 122910.
- [2] Asopa, R. P., Bhoi, R., & Saharan, V. K. (2022). Valorization of glycerol into value-added products: a comprehensive review on biochemical route. *Bioresource Technology Reports*, 20, 101290.
- [3] Wu, H., Wang, X., Zhang, J., Ma, Z., Lin, Y., Chang, C., & Han, X. (2025). Insights into the kinetics of ethyl levulinate production from cellulosic biomass alcoholysis under high solid content. *Biomass and Bioenergy*, 196, 107768.
- [4] Gañán, N., Hegel, P., Pereda, S., & Brignole, E. A. (2014). High Pressure Phase Equilibrium Engineering. In *High Pressure Fluid Technology for Green Food Processing* (pp. 43-76). Cham: Springer International Publishing.

SUSTENTABILIDAD

SUSTENTABILIDAD EN LA INDUSTRIA DE GRASAS Y ACEITES: EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOLUCIONES PERSONALIZADAS

Jorge Gómez Coronado

Marketing apartment/Home Comfort/, Bosch, Chile
E-mail: jorge.gomez2@cl.bosch.com

Resumen

Introducción:

La industria de grasas y aceites, vital para la alimentación y diversas aplicaciones industriales, enfrenta el desafío de optimizar su consumo energético y reducir su impacto ambiental. La división de calderas industriales de Bosch se ha posicionado como un proveedor clave de soluciones que abordan estas necesidades, enfocándose en la eficiencia, la sustentabilidad y la adaptación a las particularidades de cada proceso.

Metodología:

La generación de vapor es fundamental en la industria de grasas y aceites, abarcando procesos como la extracción, refinación, desodorización y esterilización. Las calderas de Bosch están diseñadas para maximizar la eficiencia en esta área, reduciendo el consumo de combustible y minimizando las emisiones.

Bosch prioriza el desarrollo de soluciones que se integran a la perfección con las operaciones existentes. Esto se logra mediante:

- **Análisis detallado de las necesidades:** Antes de proponer cualquier solución, Bosch realiza un estudio exhaustivo de los procesos de cada cliente para identificar las áreas donde se puede mejorar la eficiencia.
- **Selección de la tecnología adecuada:** Basándose en el análisis, se elige la caldera que mejor se adapte a las necesidades específicas, considerando factores como la demanda de vapor, la calidad del agua y el tipo de combustible disponible.
- **Optimización del sistema:** Bosch no solo suministra la caldera, sino que también se encarga de optimizar el sistema en su conjunto, asegurando que funcione de manera eficiente y confiable.

Reducción de Emisiones y Costos Operativos:

La eficiencia energética se traduce directamente en una reducción de costos operativos y una menor huella ambiental. Bosch contribuye a esto mediante:

- **Calderas de alta eficiencia:** Sus calderas están diseñadas para maximizar la transferencia

de calor y minimizar las pérdidas, lo que reduce el consumo de combustible y las emisiones de CO₂.

- **Sistemas de control avanzados:** Estos sistemas permiten monitorear y controlar la operación de la caldera en tiempo real, optimizando el rendimiento y previniendo problemas.
- **Servicios de mantenimiento preventivo:** Los servicios de mantenimiento preventivo aseguran que las calderas funcionen de manera óptima evitando costosas averías y prolongando su vida útil.

Aprovechamiento de la Energía Residual y Gases Residuales:

La industria de grasas y aceites genera calor y gases residuales que pueden ser aprovechados para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. Bosch ofrece soluciones para:

- **Recuperación de calor:** Mediante calderas de recuperación, el calor de los gases de escape se utiliza para precalentar agua o generar vapor adicional, disminuyendo el consumo de combustibles.
- **Aprovechamiento de gases residuales:** Se adaptan calderas para quemar gases residuales como combustible, transformando un subproducto en una fuente de energía y reduciendo emisiones, con sistemas de tratamiento que garantizan una combustión limpia y segura.

Además, Bosch explora la integración de biomasa y otras fuentes renovables en sus sistemas de calderas para reducir aún más la dependencia de combustibles fósiles.

Conclusiones:

Bosch se enfoca en proporcionar soluciones que ayuden a la industria de grasas y aceites a alcanzar sus objetivos de sustentabilidad. A través de una combinación de tecnologías innovadoras, servicios personalizados y un enfoque en la eficiencia energética, contribuye a un futuro más limpio y próspero para este sector. Su enfoque no es la venta agresiva, sino la colaboración para identificar las necesidades y ofrecer soluciones técnicas efectivas.

Palabras clave: *sustentabilidad, transición energética, reducción de emisiones, eficiencia energética.*

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE ASSESSMENT OF SOLUTIONS FOR THE USE OF MACAUBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) PULP OIL IN THE FOOD AND BIOFUEL INDUSTRIES

**Maria Luiza M. B. B. Gonçalves^{a,b}, Christhel A. Diaz^b, Marcela C. Ferreira^a,
Guilherme J. Maximo^{a*}, Lorie Hamelin^b**

^a Laboratory of Extraction, Applied Thermodynamics and Equilibrium, Faculty of Food Engineering, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brazil.

^b University of Toulouse, L'Institut National des Sciences Appliquées (INSA), Dept. Eng. of Biological Systems & Processes (TBI), Toulouse, France

* E-mail: maximo@unicamp.br

Macaúba (*Acrocomia aculeata*) has gained prominence as an alternative crop to produce solutions in various production chains, with biofuels being a key player. Indeed, the gradual replacement of diesel with biodiesel, established by the National Biofuels Policy, has increased the demand for new vegetable matrices. Additionally, it has also stimulated investment in the production and use of other biofuels, such as aviation biokerosene and biogas, reinforcing the need for studies on the viability of these technologies, especially from an environmental perspective. In this context, this study aimed to evaluate the environmental performance of different solutions for managing oil from Macaúba pulp (extractive origin), seeking to understand the alternative with the lowest environmental impact for this emerging oilseed. The Life Cycle Assessment (LCA) methodology was used, in accordance with ISO 14040 and 14044 standards, dividing the analysis into four stages: defining the objective and scope; constructing the inventory; assessing the impact; and interpreting the analysis. The objective and scope of this study were to evaluate the environmental performance of the processing of crude oil from Macaúba pulp to produce soap, ethyl biodiesel via the enzymatic route, aviation biofuel via the hydrotreating process (HEFA), or refined edible oil. The systems were evaluated at their industrial stage, and inventories were constructed by harmonizing data collected from literature, interviews with a Macaúba processing cooperative in Minas Gerais (Brazil), and other experts. For biodiesel, the inventory used experimental results obtained at a laboratory scale and simulation in ASPEN PLUS software. The data were processed and calculated for the chosen functional unit, which was the processing of 1 kg of crude oil from Macaúba. The analysis was performed using the consequential approach. In this case, the products obtained in each process were compared to similar commercial products: soap produced with palm oil, methyl soybean biodiesel via the conventional route (alkaline) or fossil diesel, fossil-based aviation kerosene, and refined palm oil for the food market. Inventories of similar commercial products were obtained from the Ecoinvent and Agri- Footprint databases, as well as from literature data. Other co-products generated, such as glycerol, ethanol, and electricity, were also compared to their commercial counterparts. The results showed that, for the Global Warming impact category, soap production, a scenario currently applied by extractive cooperatives in the

interior of Minas Gerais, is quite competitive from an environmental perspective when compared to commercial soap. The use of oil as a food source, obtained from its refining, proved promising. The likely reason for this scenario's result is the high impact related to palm oil production, whose management is characterized by the heavy use of fossil resources, pesticides, and fertilizers. In this case, it is relevant to consider the use of residual bleaching earth for heat and electricity generation. The use of oil to produce aviation biokerosene to replace fossil kerosene revealed environmental performance close to neutrality for most of the selected environmental indicators. On the other hand, in the Mineral Resources category, the production of jet fuel from Macaúba via HEFA (and consequently sustainable naphtha, methane, and propane) performed excellently, considering that the production of kerosene, naphtha, methane, and propane from fossil origin presents a high demand for mineral resources. The replacement of commercial methyl biodiesel from soybean via chemical catalysis with ethyl biodiesel from Macaúba crude oil via enzymatic catalysis was the most environmentally favorable option in the Global Warming category, with the soybean market (permanent monoculture) being decisive in the outcome when compared to the origin of Macaúba (extractive origin). When only the catalytic routes are compared, without considering the effect of the oil, the environmental advantages are slightly reduced. The results show that, considering the use of extractive Macaúba oil, any usage scenario presents an environmental advantage compared to similar commercial products, with ethyl biodiesel via the enzymatic route being the product that proved to be one of most advantageous, corroborating the policies that encourage the production of this biofuel.

Keywords: *Life Cycle Analysis, Ethyl Biodiesel, Biokerosene, Vegetable Oils.*

Funding: CNPq (303622/2025-3; 405813/2022-8), CAPES (001), UNICAMP (519.287 2475/23; 519.287 2598/23)

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

INDUSTRIA ACEITERA - TRANSICIÓN ENERGÉTICA: ¿AMENAZA U OPORTUNIDAD?

Raúl Nicolás Comelli¹, Juan Pablo García², Carlos A. García², Raúl A. Comelli^{3*}

¹ GPBIA, FICH-UNL. Ciudad Universitaria. 3000-Santa Fe, Argentina.

² CAGSA. 9 de Julio 3278, 3000-Santa Fe, Argentina.

³ INCAPE (UNL – CONICET). CCT-CONICET-Santa Fe. 3000-Santa Fe, Argentina.

* E-mail: rcomelli@fiq.unl.edu.ar

Resumen

La industria aceitera argentina es sector clave para la economía nacional, con fuerte concentración en producción y exportación de productos oleaginosos, especialmente soja. La mayor cantidad de plantas aceiteras se encuentran en las provincias de Santa Fe y Buenos Aires, y presencia también en Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Santiago del Estero y Salta. Esta industria genera ingresos y empleo donde se localizan las plantas, con fuerte su presencia en el Gran Rosario. La industria enfrenta desafíos coyunturales como capacidad ociosa en algunas plantas, precios internacionales y políticas de precios en Argentina e importación desde países como Paraguay; sin embargo, mantiene su importancia estratégica en el ámbito nacional e internacional. La producción de biodiesel, proceso que convierte aceites y grasas en combustible renovable, se basa en la transesterificación de aceites vegetales (en Argentina, aceite de soja principalmente), grasas animales o aceites de cocina usados, con alcohol (en general metanol), convirtiendo triglicéridos en ésteres metílicos (biodiesel) y dando glicerina como subproducto. Santa Fe es el principal productor nacional de biodiesel, con 18 plantas que representan 82,4% de la capacidad nacional instalada. La transición energética se asocia al cambio gradual del sistema energético actual, basado en combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), hacia un sistema más sostenible basado en energías renovables (solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa). Este proceso implica modificar la producción, distribución y consumo de energía, para reducir la dependencia de los combustibles fósiles principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero y promover el uso de fuentes de energías renovables más limpias y menos dañinas para el medio ambiente. La transición también implica mejorar la eficiencia en uso de la energía, reduciendo el consumo sin comprometer rendimiento. Por lo tanto, se requiere el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías para producir, almacenar y distribuir energía renovable, así como mejorar la eficiencia de procesos. Si bien la relación entre la industria aceitera y la transición energética es compleja, esta industria puede ser un actor clave en la transición, al producir biocombustibles y otros productos que ayudan a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, la transición energética presenta desafíos para la industria, que se pueden aprovechar como oportunidades para lo cual la industria debe adaptarse a las nuevas tecnologías y políticas, mejorar la eficiencia de sus procesos y promover la sostenibilidad de la producción. La Fig. 1 esquematiza la potencial relación entre la industria aceitera y la transición energética, identificando productos y los procesos

asociados, diferenciando procesos ya implementados o desarrollados (líneas llenas) y procesos en desarrollo o investigación (líneas discontinuas). Partiendo de grasas y aceites, identificadas como Plataformas en el esquema de Biorrefinerías, el aceite de soja con metanol (origen fósil) produce biodiesel y glicerol, subproducto que por reformado en fase gas produce hidrógeno (H_2), óxidos de carbono (CO y CO_2) y metano (CH_4) [1-3]. El H_2 , considerado el vector de energía del futuro, se utiliza para hidrogenar aceites y grasas produciendo HVO, conocido como diesel renovable o diesel ecológico. H_2 y CO forman el gas de síntesis que por tecnología madura da metanol; otras dos rutas que se están investigando para obtener biodiesel completamente renovable es la transformación directa de glicerol a metanol y la conversión del CO_2 en el alcohol. El gas de síntesis es también materia prima para el proceso Fischer-Tropsch (FT), que da un perfil de productos que hidrogenados produce combustible de aviación sostenible (SAF), combustible renovable que puede reducir 80% las emisiones de CO_2 ; el SAF se produce a partir de fuentes sostenibles como aceites y grasas usadas, cultivos no alimentarios y residuos sólidos urbanos (RSU), los que son investigados como alimentación para el proceso de pirólisis y así obtener gas de síntesis. Actualmente es centro de atención el H_2 Verde, el cual se obtiene por electrólisis del agua, demandando una fuente de energía renovable (solar, eólica, hidráulica, entre otras), siendo el desafío el balance económico del proceso global. Finalmente, los gases del reformado se pueden alimentar a una pila SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) produciendo energía eléctrica y calor, utilizables en otros procesos. Lo expuesto, además de mostrar el potencial de la industria aceitera en el contexto de la transición energética, intenta promover la búsqueda/identificación de potenciales actores productivos que pudieran asociarse y de esta forma disminuir las inversiones.

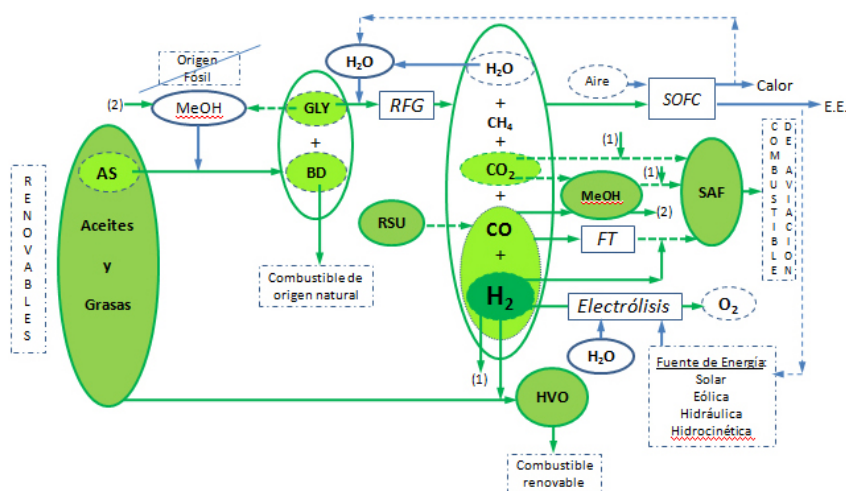


Figura 1. Esquema de potencial vinculación industria aceitera-transición energética.

Palabras claves: Aceite de soja; Biodiesel; Glicerol; Hidrógeno; HVO; SAF.

Referencias

- [1] Comelli, R.A. Chap. 7: Process sensitivity to Ni/Alumina catalysts in the production of hydrogen from the steam-reforming of glycerol. Book: Hydrogen Production, Prospects and Processes. Series Energy Science, Engineering and Technology. Ed. Nova Science Publishers, New York. (2012) 201-222.
- [2] Comelli, R.A. Chap. 16: Glycerol, the Co-Product of Biodiesel: One key for the Future Bio-Refinery. Book: Biodiesel – Quality, Emissions and By-Products. Ed. Intech Open Access Publisher, Croatia. (2011) 257-282.
- [3] Comelli, R.A. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – ANCEFN. Premio a la Innovación Tecnológica - Año 2021. Proyecto: Glicerol como Materia Prima para Biorrefinería.

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

PURIFICATION OF BIODIESEL-DERIVED BIOLUBRICANTS USING LIQUEFIED GASES

Aldana Pizzano ^{a,b}, S. Belén Rodríguez-Reartes ^c, Pablo Hegel ^{a,b}^a Planta Piloto de Ingeniería Química – PLAPIQUI (UNS-CONICET), C. Carrindanga km. 7.5, Bahía Blanca, Argentina^b Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur (UNS), Avda. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina^c Dep. de Ingeniería Química, Universitat Rovira i Virgili (UrV), Av. Països Catalans 26, Tarragona, Spain

Biolubricants emerge as an innovative solution capable of strengthening industrial competitiveness, promoting environmental care, and extending the lifespan of machinery. Their benefits go beyond environmental considerations, positioning themselves as a strategic investment for companies, municipalities, and producers, thanks to their significantly superior quality compared to mineral-based lubricants. They offer a range of attractive advantages, such as high biodegradability, low toxicity, and ecological sustainability. They contribute to enhancing worker safety, extending machinery lifespan, and reducing operational costs, both in terms of labor and energy consumption [1].

Double transesterification of vegetable oils is one of the main pathways for biolubricant synthesis. Briefly, in the first reaction stage, triglycerides undergo transesterification with methanol in a basic medium, converting into fatty acid methyl esters (biodiesel) and glycerol. In the second transesterification step, the biodiesel reacts with a polyalcohol (trimethylolpropane, TMP), yielding biolubricants or trimethylolpropane esters (polyol esters). From an industrial perspective, this reaction pathway is particularly advantageous because biodiesel is a widely marketed first-generation biofuel produced by modern biorefineries. Since biodiesel is already commercially available, biolubricant production only requires the second reaction stage, significantly simplifying its industrial implementation [1,2].

Biolubricants and their production technologies are constantly evolving to minimize environmental impact. This work proposes the development of complementary separation technology to enhance current biolubricant production, which is used in hydraulic systems, metal cutting, and as an engine and machinery lubricant, depending on the raw vegetable material source. The ongoing separation process development, utilizing liquefied gases as a green solvent, aims to reduce environmental impact, recycle raw materials, improve biolubricant quality, and lower production costs. The purification and raw material recycling technology proposed in this project, using carbon dioxide (CO₂) and propane (C₃H₈), provides distinctive advantages to the final biolubricant product.

Mixtures of CO₂ and C₃H₈ have proven effectiveness in the extraction and fractionation of vegetable oils and viscous fluids [3-5], thanks to its remarkable qualities, including its reduced environmental impact, high selectivity, and non-flammable nature. These characteristics position these mixtures as an ideal option for application in the biolubricant fractionation process, considering the similarity in the chemical structure of these compounds.

This study investigates the phase behavior of mixtures of biolubricant, CO₂, and C₃H₈ to establish the feasible operating window for the fractionation process. A high-pressure equilibrium cell is used

to observe the phase transition from liquid-liquid-vapor to liquid-vapor phase behavior where the fractionation of the raw biolubricant is possible. The solubility of fatty oil components in the solvent phase is measured under different operating conditions in a high-pressure extraction column to assess the technical feasibility of the separation process. Various solvent compositions are tested, ranging from pure CO₂ to 80/20 wt.% C₃H₈/CO₂, to analyze the effect of solvent composition on phase behavior, solubility, and composition of extracted products.

Results obtained from phase transition studies indicate that raw biolubricant produced through double transesterification can be refined using liquid CO₂ and C₃H₈ at temperatures between 25°C and 50°C and pressures ranging from 48 bar to 85 bar. Biolubricant extraction studies demonstrate that solvent mixtures containing up to 40 wt.% propane exhibit good solubility for fatty oil components (62 g fatty oil/kg solvent) and selectivity by preferentially extracting biodiesel remaining in raw biolubricant after reaction, with concentrations between 67 and 82 wt.% of fatty acid esters in the extract product. Purifying biolubricant using liquefied gases is an effective method for refining raw biolubricant and recovering excess biodiesel, leading to improved product quality and significantly reduced operating costs.

Keywords: *Biodiesel, biolubricant, phase equilibria, solubility, separation process.*

References

- ¹ Sanjurjo C., Rodríguez E., Viesca J.L., Battez A.H. (2023) Influence of Molecular Structure on the Physicochemical and Tribological Properties of Biolubricants: A Review. *Lubricants* 11(9), 380.
- ² Biolubricants Market Size, Share & Trends Analysis Report By Source (Vegetable Oil, Animal Oil), By Application (Transportation, Industrial), By End-use (Commercial Transportation, Consumer Automotive), By Region, And Segment Forecasts, 2025 – 2030. Report ID: 978-1-68038-013-2. Accessed 15th May 2025: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biolubricants-industry>.
- ³ Brignole E.A., Pereda S. (2013). *Phase Equilibrium Engineering*, 1st Edition. Elsevier, Amsterdam.
- ⁴ Speight, J.G., Exall D.I. (2014). *Refining used lubricating oils*. (Vol. 99). Boca Raton: CRC Press.
- ⁵ Pizzano, A., Rodríguez Reartes, S.B., Hegel, P.E. Purification of synthetic oils using liquefied gases of reduced flammability. *Chemical Engineering Research and Design* 195 (2023): 192-206.

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

SUSTAINABLE FLAME-RETARDANT PHASE CHANGE MATERIALS FROM FATTY ACIDS: FROM OILS TO SMART THERMAL MANAGEMENT

Paola Andrea Herrera Ardila*; Matthew Clarke; Hector De La Hoz Siegler

University of Calgary

E-mail: paola.herreraardila@ucalgary.ca

Vegetable oils, rich in fatty acids, are increasingly being recognized as promising feedstocks for thermal management applications, particularly as phase change materials (PCMs). Fatty acid-based PCMs offer several advantages, including high latent capacity, chemical stability, non-toxicity, and cost-effectiveness, which make them attractive for thermal control applications ranging from buildings and electronics to thermal battery systems and solar energy storage.

However, a key limitation of these organic PCMs is their high flammability, which poses a safety risk and currently limits their widespread adoption. While strategies, such as physical blending with flame retardants or encapsulation, have been proposed, issues regarding compatibility, phase separation, and long-term stability remain unresolved.

This study presents a novel, sustainable approach for developing intrinsically flame-retardant PCMs by chemically incorporating melamine, a non-halogenated flame retardant—into common fatty acids (palmitic, oleic, and linoleic acids) through amidation. The resulting bio-based flame-retardant PCMs were characterized using FTIR, DSC, and TGA to evaluate their chemical structure and thermal behaviour. Flammability was assessed through flash point, fire point, and combustion time tests.

Results confirmed successful amidation, with FTIR spectra showing characteristic methyl, carboxylic, and amino functional groups. Thermal analyses indicated increased melting points and reduced thermal degradation at elevated temperatures. Importantly, the modified compounds demonstrated significantly higher flash and fire points and shorter combustion times, which are evidence of an overall enhancement in thermal performance and flame retardancy characteristics. These improvements are attributed to the synergistic effect of melamine incorporation and the formation of a protective char layer during combustion.

This work demonstrates the feasibility of a chemically integrated flame retardant strategy for fatty acid based PCMs and offers a scalable path toward safer, more sustainable energy storage solutions derived from renewable oils. This work underscores a valuable economic opportunity for the oleochemicals sector. By converting commodity fatty acids into higher-value, flame-retardant thermal management products, this approach can open new markets in energy-efficient building materials, electronics cooling, and sustainable infrastructure. It offers a scalable, low-toxicity alternative to petroleum-derived PCMs, supporting the broader transition toward bio-based, circular economy solutions.

Keywords: *Fatty acids, Phase change material, Flame retardants.*

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

TROPICALIZATION OF CANOLA IN BRAZIL: A STRATEGY TO DIVERSIFY THE VEGETABLE OIL MATRIX FOR THE BIOFUELS AND ANIMAL NUTRITION MARKETS

**Letícia Karen dos Santos^{a,1}, Soryana Gonçalves Ferreira de Melo^{a,2},
Adriano dos Santos^{a,3}, Simone Palma Favaro^{a,4}, Bruno Galvêas Laviola^{a,5}**

^a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agroenergia). Parque Estação Biológica - Asa Norte Brasília - DF
CEP: 70770-901 Brasil.

¹ leticiaksantos@yahoo.com

² soryana.melo@ufvjm.edu.br

³ adriano.santos@colaborador.embrapa.br

⁴ simone.favaro@embrapa.br

⁵ bruno.laviola@embrapa.br

Abstract

Originally adapted to temperate and subtropical climates, canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) is the third most produced oilseed crop worldwide, following oil palm and soybean. Its high oil and protein content, combined with its potential for second- season cultivation in tropical regions such as Central Brazil, establishes canola as a strategic crop that can support the energy transition and increase the supply of plant-based protein for animal nutrition [1]. Utilizing land already designated for agriculture enables sustainable intensification with low environmental impact and significantly contributes to the decarbonization of production systems.

The development of new varieties that are more tolerant of high temperatures and water restrictions has made it possible to introduce them to the tropical regions of Brazil. This study aimed to evaluate the performance of commercial canola hybrids during the second harvest in Brazil's tropical regions.

Field trials were conducted in eight Brazilian states, including tropical regions (Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, and Piauí) and subtropical areas (Paraná and Rio Grande do Sul). Sowing occurred after the summer crop, typically soybeans, between late February and mid-May 2024 under rainfed conditions. The study evaluated 18 Advanta® hybrids using a randomized block design with three replications. Each plot measured three meters in length with 0.5-meter spacing. Management practices followed local agronomic recommendations. Parameters evaluated included grain yield (kg ha⁻¹), moisture content (% w/w), oil and protein content (% w/w), oil fatty acid profile (% w/w), and oil and protein yield per area (kg ha⁻¹).

Grain yields varied widely, from 15 to 2,700 kg ha⁻¹, with Mato Grosso and Piauí recording the lowest yields, from 15 to 1,500 kg ha⁻¹. The highest productivity values and yields for each state are shown in Figure 1. The states of Minas Gerais and Bahia (tropical climate) stand out, with hybrids

reaching maximum values of 2,700 kg ha⁻¹, while the subtropical regions showed values between 1,700 and 2,200 kg ha⁻¹. Even with lower productivity, these states are still within the Brazilian national average[3]. On the other hand, Piauí had the lowest yields.

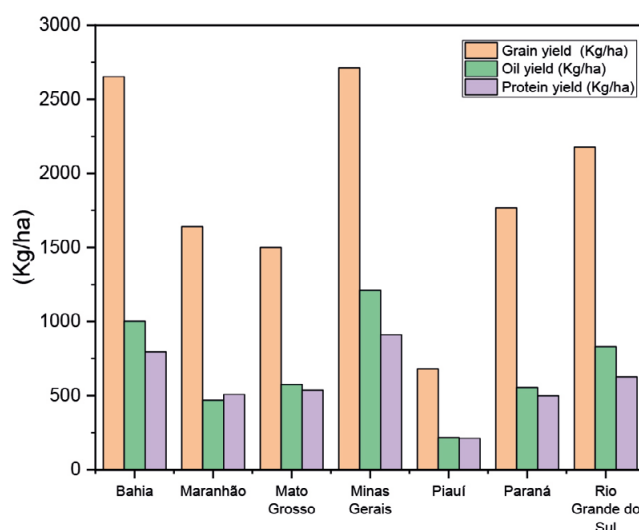


Figure 1. Grain yield and oil and protein yield (kg/ha).

Oil content ranged from 16% to 44%. The highest oil levels (38% to 44%) were observed in Minas Gerais (922 meters altitude), suggesting greater hybrid adaptation to higher altitudes. Conversely, hybrids cultivated at lower altitudes and higher temperatures, such as in Maranhão (580 meters) and Piauí (325 meters), exhibited lower oil content (16% to 31%). Nevertheless, some hybrids reached 31%, demonstrating their potential to perform well under adverse conditions.

Protein content ranged from 23% to 35% (w/w). The highest values were found in warmer regions (Piauí, Maranhão, and Mato Grosso), where oil accumulation was lower. This inverse relationship between oil and protein content reflects the influence of climatic conditions on canola seed composition. The major fatty acids identified in the oil were oleic acid (C18:1 ω 9) at 64%, linoleic acid (C18:2 ω 6) at 15%, and α -linolenic acid (C18:3 ω 3) at 7%. Erucic acid remained below 0.2% in all 18 hybrids, aligning with identity standards for canola oil.

Oil yields ranged from 217 to 1,210 kilograms per hectare, and protein yields ranged from 212 to 796 kilograms per hectare. Assuming large-scale deployment of the crop in Brazil's tropical second-season areas, considering 50% of the best hybrid performances and locations (Figure 1), an area of 10 million hectares could produce up to 1.2 million tons of oil. This oil could be converted into 1 billion tons of sustainable aviation fuel (SAF).

While the tested hybrids were not developed specifically for tropical environments, they showed great potential to increase oil and protein availability, complementing soybeans as the main-season crop. Continued efforts in breeding and developing tailored production systems for tropical regions are essential to achieve this. These advancements are crucial for diversifying Brazil's agricultural landscape and meeting the growing demand for low-carbon liquid fuels during the energy transition.

Keywords: *Brassica, second crop, vegetable protein, Cerrado biome.*

References

- ¹ DI LENA, G. *et al.* Valorization Potentials of Rapeseed Meal in a Biorefinery Perspective: Focus on Nutritional and Bioactive Components. *Molecules*, v. 26, n. 22, p. 6787, 10 nov. 2021.
- ² ASLAM, M. N. *et al.* Canola oil increases in polyunsaturated fatty acids and decreases in oleic acid in drought-stressed Mediterranean-type environments. *Plant Breeding*, v. 128, n. 4, p. 348–355, ago. 2009.
- ³ CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO), Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos - Safra 2024/2025, Brasília, 2025. Bahia Maranhão Mato.



AGRADECIMIENTO A SPONSORS, INSTITUCIONES Y EMPRESAS QUE ACOMPAÑARON EL CONGRESO

Agradecemos especialmente a los sponsors que confiaron en ASAGA y eligieron ser parte de esta edición. Su compromiso con la innovación, la capacitación y la construcción colectiva del conocimiento fue clave para concretar un congreso de alto impacto, con representatividad regional y presencia global.

Nuestro reconocimiento se extiende también a las instituciones que brindaron su apoyo, a los Media Partners, y a cada una de las empresas que formaron parte de la feria comercial como exhibidores, contribuyendo con su participación activa a generar oportunidades, sinergias y nuevos vínculos para el sector.

Este congreso es posible gracias al trabajo conjunto y al respaldo de todos ustedes.

DIAMANTE



ORO



PLATA





**WORLD CONGRESS
ON OILS & FATS AND
ISF LECTURESHIP SERIES**

ASAGA

Asociación Argentina de Grasas y Aceites
Tucumán 2501 - (S2000JVG) Rosario - Argentina
Tel.: +54 341 439-1761 / 437-3845
E-mail: asaga@asaga.org.ar

www.asaga.org.ar

