

**DIRECCIÓN DE MEDIOAMBIENTE
REUNIÓN CONJUNTA DEL COMITÉ DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y
EL GRUPO DE TRABAJO SOBRE SUSTANCIAS QUÍMICAS,
PESTICIDAS Y BIOTECNOLOGÍA**

**DOCUMENTO DE CONSENSO REVISADO SOBRE CONSIDERACIONES DE
COMPOSICIÓN PARA NUEVAS VARIEDADES DE COLZA CON BAJO CONTENIDO
DE ÁCIDO ERÚCICO (Canola): NUTRIENTES, ANTINUTRIENTES Y
CONTAMINANTES CLAVE DE ALIMENTOS Y PIENSOS**

Serie sobre la seguridad de nuevos alimentos y piensos N.º 24

Esta traducción se publica por medio de un acuerdo con la OCDE. No constituye una traducción oficial de la OCDE. La calidad de la traducción y su consistencia con el texto en el idioma original de la obra son exclusiva responsabilidad de los autores de la traducción. En caso de discrepancia entre la obra original y la traducción, solo el texto de la obra original se considerará válido.

**Document complet disponible sur OLIS dans son format d'origine
Documento completo disponible en OLIS en su formato original**

Publicaciones de la OCDE sobre Salud y Seguridad Ambiental

Serie sobre la seguridad de nuevos alimentos y piensos

N.º 24

Documento de consenso revisado

Consideraciones de composición para nuevas variedades de

COLZA CON BAJO CONTENIDO DE

ÁCIDO ERÚCICO (CANOLA)

Principales nutrientes, antinutrientes y contaminantes

de alimentos y piensos

Dirección de Medioambiente

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO

París 2011

También publicado en la Serie sobre la seguridad de los nuevos alimentos y piensos:

- N.º 1, Documento de consenso sobre nutrientes y contaminantes claves en la colza con bajo contenido de ácido erúico (Canola) (2001) - **RETIRADO**, Sustituido por el documento de consenso revisado n.º 24 (2011)]
- N.º 2, Documento de consenso sobre consideraciones de composición para las nuevas variedades de soja: Nutrientes y antinutrientes clave de alimentos y piensos (2001)
- N.º 3, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de remolacha azucarera: Nutrientes y antinutrientes clave de alimentos y piensos (2002)
- N.º 4, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de patatas: Nutrientes, antinutrientes y contaminantes clave de alimentos y piensos (2002)
- N.º 5, Informe del Taller de la OCDE sobre la evaluación nutricional de los nuevos alimentos y piensos, Ottawa, Canadá, febrero de 2001 (2002)
- N.º 6, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de maíz (*Zea Mays*): Nutrientes, antinutrientes clave y metabolitos secundarios de las plantas en alimentos y piensos (2002)
- N.º 7, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de trigo de pan (*Triticum aestivum*): Nutrientes, antinutrientes y contaminantes clave de alimentos y piensos (2003)
- N.º 8, Informe sobre el cuestionario sobre biomarcadores, investigación sobre la seguridad de los alimentos nuevos y viabilidad de la vigilancia posterior a la comercialización (2003)
- N.º 9, Consideraciones para la evaluación de la seguridad de los piensos derivados de plantas modificadas genéticamente (2003)
- N.º 10, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de arroz (*Oryza sativa*): Nutrientes y antinutrientes clave de alimentos y piensos (2004)
- N.º 11, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de algodón (*Gossypium hirsutum* y *Gossypium barbadense*): Nutrientes y antinutrientes clave de alimentos y piensos (2004)
- N.º 12, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.): Nutrientes y antinutrientes clave de alimentos y piensos (2004)
- N.º 13, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de alfalfa y otras leguminosas forrajeras templadas: Nutrientes, antinutrientes clave y metabolitos secundarios de las plantas en piensos (2005)
- N.º 14, Introducción a los documentos de consenso sobre la seguridad de alimentos/piensos del Grupo de Trabajo para la Seguridad de los Nuevos Alimentos y Piensos (2006)
- N.º 15, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades del hongo cultivado *Agaricus Bisporus*: Nutrientes, antinutrientes y contaminantes clave de alimentos y piensos (2007)
- N.º 16, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de girasol: Nutrientes, antinutrientes y contaminantes clave de alimentos y piensos (2007)

- N.º 17, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de tomate: Nutrientes, antinutrientes, contaminantes y alergénicos clave de alimentos y piensos (2008)
- N.º 18, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz): Nutrientes, antinutrientes, contaminantes y alergénicos clave de alimentos y piensos (2009)
- N.º 19, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de sorgo de grano [*Sorgo bicolor* (L.) Moench]: Nutrientes y antinutrientes clave de alimentos y piensos (2010)
- N.º 20, Documento de consenso sobre las consideraciones de composición para las nuevas variedades de batata [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]: Nutrientes, antinutrientes, contaminantes y alergénicos clave de alimentos y piensos (2010)
- N.º 21, Documento de consenso sobre consideraciones de composición para nuevas variedades de papaya (*Carica papaya* L.): Nutrientes, antinutrientes, contaminantes y alergénicos clave de alimentos y piensos (2010)
- N.º 22, Documento de consenso sobre la caracterización molecular de las plantas derivadas de la biotecnología moderna (2010)
- N.º 23, Documento de consenso sobre consideraciones de composición para las nuevas variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp. hybrids.): Nutrientes, antinutrientes y contaminantes clave de alimentos y piensos (2011)

Publicado originalmente por la OCDE bajo el título:

OECD (2011), Revised Consensus Document on Compositional Considerations for New Varieties of Low Erucic Acid Rapeseed (Canola): Key Food and Feed Nutrients, Anti-Nutrients and Toxicants, Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 24 <https://www.oecd.org/env/ehs/biotrack/49343153.pdf>

© 2017 Pioneer Hi-Bred International, Inc. para esta edición en español

Acerca de la OCDE

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) es una organización intergubernamental en la que representantes de 34 países industrializados de América del Norte y del Sur, Europa y la región de Asia y el Pacífico, así como la Comisión Europea, se reúnen para coordinar y armonizar las políticas, debatir cuestiones de interés mutuo y trabajar en conjunto para responder a problemas internacionales. La mayor parte de la labor de la OCDE está a cargo de más de 200 comités especializados y grupos de trabajo compuestos por delegados de los países miembro. Observadores de varios países con un estado especial en la OCDE y de organizaciones internacionales interesadas asisten a muchos de los talleres y otras reuniones de la OCDE. Los comités y grupos de trabajo son atendidos por la Secretaría de la OCDE, ubicada en París, Francia, que está organizada en direcciones y divisiones.

La División de Medioambiente, Salud y Seguridad pública gratuitamente documentos en diez series diferentes: **Pruebas y evaluación; Buenas prácticas de laboratorio y monitoreo del cumplimiento; Plaguicidas y biocidas; Gestión de riesgos; Armonización de la supervisión reglamentaria en biotecnología; Seguridad de nuevos alimentos y piensos; Accidentes químicos; Registros de emisiones y transferencias de contaminantes; Documentos de escenarios de emisión; y Seguridad de los nanomateriales fabricados.** Puede obtener más información sobre el Programa de Medioambiente, Salud y Seguridad y publicaciones sobre salud, seguridad y medioambiente en el sitio web de la OCDE (<http://www.oecd.org/ehs/>).

Esta publicación está disponible electrónicamente, sin cargo alguno.

Para encontrar esta y muchas otras publicaciones sobre Bioseguridad y Seguridad de nuevos alimentos y piensos, consulte el sitio web de la OCDE (www.oecd.org/biotrack/)

O puede contactar a:

**Dirección de Medioambiente de la OCDE,
División de Salud y Seguridad Ambiental**

**2 rue Andre-Pascal
75775 Paris Cedex 16
Francia**

Fax: (33) 01 45 24 16 75

Correo electrónico: ehscont@oecd.org

PREFACIO

El Grupo de Trabajo de la OCDE para la Seguridad de Nuevos Alimentos y Piensos decidió en su primer período de sesiones, en 1999, centrar su labor en el desarrollo de *Documentos de consenso*, que sean mutuamente aceptables entre los países miembro. Estos documentos de consenso contienen información para su uso durante la evaluación reglamentaria de un producto de alimento/pienso en particular. En el ámbito de la seguridad de los alimentos y piensos, se publican documentos de consenso sobre los nutrientes, los antinutrientes o los contaminantes, la información sobre su uso como alimento/pienso y otra información pertinente.

Este documento actualiza y revisa el original *Documento de consenso sobre nutrientes clave y contaminantes clave en la colza con bajo contenido de ácido erúxico (canola)* emitido en 2001. El Documento de consenso revisado aborda las consideraciones de composición para nuevas variedades de colza con bajo contenido de ácido erúxico (canola) mediante la identificación de nutrientes, antinutrientes y contaminantes clave en alimentos y piensos. Se proporciona una descripción general de estos componentes. Además, hay material de referencia sobre la producción, el procesamiento y los usos de la colza con bajo contenido de ácido erúxico (canola) y consideraciones que deben tenerse en cuenta al evaluar nuevas variedades de estos cultivos. El texto también sugiere que los componentes se deben analizar en relación con el uso en alimentos y el uso en piensos.

Canadá fue el país líder en la preparación del documento, y el borrador se ha revisado en varias ocasiones sobre la base de la contribución de otros países miembro y partes interesadas.

El Grupo de Trabajo aprobó este documento, que se publica bajo la responsabilidad de la Reunión Conjunta del Comité de Productos Químicos y el Grupo de Trabajo sobre Productos Químicos, Plaguicidas y Biotecnología de la OCDE.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| PREFACIO..... | 7 |
| PREÁMBULO | 10 |
| LA FUNCIÓN DEL ENFOQUE COMPARATIVO COMO PARTE DE UNA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD..... | 11 |
| SECCIÓN I - ANTECEDENTES | 12 |
| A. Historial de la colza con bajo contenido de ácido erúxico | 12 |
| B. Producción | 13 |
| C. Procesamiento..... | 14 |
| <i>Limpieza de semillas.....</i> | <i>14</i> |
| <i>Preacondicionamiento de semillas y escamación</i> | <i>15</i> |
| <i>Cocción/acondicionamiento de semillas</i> | <i>15</i> |
| <i>Prensado.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Extracción con solvente.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Desolventización del aceite y la comida.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Desgomado de aceite.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Refinado alcalino y físico del aceite.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Efectos del procesamiento sobre la calidad de la comida.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Temperatura</i> | <i>17</i> |
| D. Uso | 19 |
| E. Comparadores apropiados para probar nuevas variedades | 20 |
| F. Características de cría examinadas por los desarrolladores | 21 |
| SECCIÓN II - NUTRIENTES | 22 |
| A. Composición de colza con bajo contenido de n ácido erúxico..... | 22 |
| <i>Ácidos grasos.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Vitamina K.....</i> | <i>24</i> |
| <i>Tocoferoles y esteroides</i> | <i>24</i> |
| <i>Pigmentos</i> | <i>25</i> |
| <i>Elementos de seguimiento.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Otras características de la identidad del aceite</i> | <i>26</i> |
| B. Composición de semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúxico..... | 26 |
| SECCIÓN III - OTROS CONSTITUYENTES..... | 29 |
| A. Antinutrientes y contaminantes..... | 29 |
| B. Alergénicos | 30 |

SECCIÓN IV - CONSTITUYENTES SUGERIDOS A ANALIZAR RELACIONADOS
CON EL USO DE ALIMENTOS.....31

- A. Aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcido31
- B. Recomendación de componentes clave a analizar31

SECCIÓN V - CONSTITUYENTES SUGERIDOS A ANALIZAR RELACIONADOS
CON EL USO DE ALIMENTOS.....33

- A. Colza con bajo contenido de ácido erúcido para pienso33
- B. Recomendación de los principales nutrientes y antinutrientes a analizar34

SECCIÓN VI - REFERENCIAS.....35

Tablas

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabla 1. | Visión de las principales oleaginosas y de la producción de aceite a base de plantas | 13 |
| Tabla 2. | Producción mundial, importaciones y exportaciones..... | 14 |
| Tabla 3. | Tasas máximas recomendadas de inclusión de colza con bajo contenido de ácido erúcido en piensos | 20 |
| Tabla 4. | Composición media canadiense y australiana de semillas, aceite y comida de colza con bajo contenido erúcido (2006-2009) | 22 |
| Tabla 5. | Norma del Codex para la composición de ácidos grasos de aceite de colza y aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcido (% de ácidos grasos totales) | 23 |
| Tabla 6. | Niveles de vitamina K ₁ en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcido (por 100 g de aceite) | 24 |
| Tabla 7. | Norma del Codex para los niveles de tocoferoles en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcido (mg/kg) | 25 |
| Tabla 8. | Norma Codex de los principales esteroides en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcido (% de esteroides totales)..... | 25 |
| Tabla 9. | Rango en la composición próxima y de la fibra de semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúcido (Base DM, a menos que se indique lo contrario)..... | 26 |
| Tabla 10. | Composición vitamínica de la comida de colza con bajo contenido de ácido erúcido (base DM) | 27 |
| Tabla 11. | Rango en la composición mineral de la comida de colza con bajo contenido de ácido erúcido (base DM)..... | 27 |
| Tabla 12. | Media y/o rango de la composición de aminoácidos de semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúcido (% de la base de DM)..... | 28 |
| Tabla 13. | Niveles medios de glucosinolatos de semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúcido (µmol/g)..... | 29 |
| Tabla 14. | Antinutrientes de comida de colza con bajo contenido de ácido erúcido (% de comida sin aceite)..... | 30 |
| Tabla 15. | Componentes sugeridos para ser analizados en colza con bajo contenido de ácido erúcido para alimentos para humanos | 32 |
| Tabla 16. | Componentes sugeridos para ser analizados en la colza con bajo contenido de ácido erúcido para uso en piensos..... | 34 |

Figuras

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1. | Proceso de extracción con disolvente preimpregnado..... | 18 |
|-----------|---|----|

PREÁMBULO

Los productos de alimentos y piensos de la biotecnología moderna se comercializan y venden en los países miembro de la OCDE y en otros lugares. Se ha identificado la necesidad de un trabajo técnico detallado destinado a establecer enfoques apropiados para la evaluación de la seguridad de estos productos.

En un taller celebrado en Aussois, Francia (OCDE, 1997), se reconoció que el enfoque coherente para el establecimiento de la equivalencia de sustancias podría mejorarse mediante un consenso sobre los componentes apropiados (por ejemplo, nutrientes clave, contaminantes clave y compuestos antinutricionales) en cada cultivo individual, que debe ser considerado por comparación. Se reconoce que los componentes pueden diferir de un cultivo a otro. Por consiguiente, el Grupo de Acción decidió elaborar documentos de consenso sobre las características fenotípicas y los datos de composición. Estos datos se usan para identificar similitudes y diferencias siguiendo un enfoque comparativo como parte de una evaluación de seguridad de alimentos y piensos. Deberían ser útiles para el desarrollo de directrices, tanto nacionales como internacionales, y fomentar el intercambio de información entre los países miembro de la OCDE.

Estos documentos son una recopilación de la información actualmente disponible, importante en la evaluación de la seguridad de alimentos y piensos. Proporcionan una herramienta técnica para los funcionarios de reglamentación como guía general y fuente de referencia, así como para la industria y otras partes interesadas y complementarán las del Grupo de Trabajo sobre la armonización de la supervisión reglamentaria en biotecnología. Son mutuamente aceptables, pero no jurídicamente vinculantes, para los países miembro de la OCDE. No se pretende que constituyan una descripción completa de todas las cuestiones consideradas necesarias para una evaluación de la seguridad, sino una base establecida para un producto individual que respalde el enfoque comparativo. Al evaluar un producto individual, pueden requerirse componentes adicionales dependiendo del caso específico en cuestión.

A fin de asegurar que se tengan en cuenta los avances científicos y técnicos, los países miembro han acordado que estos documentos de consenso serán revisados y actualizados periódicamente según sea necesario. Se invita a los usuarios de estos documentos a que proporcionen a la OCDE nueva información científica y técnica y a que presenten propuestas de áreas adicionales que se deban considerar. Los comentarios y sugerencias pueden enviarse a:

Dirección de Medioambiente de la OCDE,
División de Medioambiente, Salud y Seguridad,
2 rue Andre-Pascal,
75775 Paris Cedex 16, Francia

Fax: +33 (0) 1 44 30 61 80
Correo electrónico: ehscont@oecd.org.

LA FUNCIÓN DEL ENFOQUE COMPARATIVO COMO PARTE DE UNA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD

En 1990, una consulta conjunta de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció que la comparación de un producto final con un nivel aceptable de seguridad constituye un elemento importante de la evaluación de la seguridad (OMS, 1991).

En 1993, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) elaboró este concepto y propugnó el enfoque de la evaluación de seguridad basado en la equivalencia de sustancias como el enfoque más práctico para tratar la seguridad de los alimentos y los componentes de los alimentos derivados de la biotecnología moderna (así como otros métodos de modificar un genoma huésped, incluyendo métodos de cultivo de tejidos y mutación inducida por productos químicos o radiación). En 2000, el Equipo de Trabajo concluyó en su informe al G8 que el concepto de equivalencia de sustancias deberá ser revisado (OCDE, 2000).

La Consulta conjunta de expertos de la FAO/OMS sobre alimentos derivados de la biotecnología en el año 2000 concluyó que la evaluación de la seguridad de los alimentos genéticamente modificados requiere un enfoque integrado y escalonado, caso por caso, que puede ser guiado por una serie estructurada de preguntas. Un enfoque comparativo que se centra en la determinación de similitudes y diferencias entre los alimentos genéticamente modificados y sus contrapartidas convencionales ayuda en la identificación de posibles problemas de seguridad y nutrición y se considera la estrategia más apropiada para la evaluación de la seguridad y la nutrición de alimentos genéticamente modificados. El concepto de equivalencia de sustancias se desarrolló como un enfoque práctico para la evaluación de la seguridad de los alimentos modificados genéticamente. Debe considerarse un paso clave en el proceso de evaluación de la seguridad, aunque no se trate de una evaluación de la seguridad en sí misma; no caracteriza el peligro, sino que se utiliza para estructurar la evaluación de seguridad de un alimento genéticamente modificado en relación con una contraparte convencional. La consulta concluyó que la aplicación del concepto de equivalencia de sustancias contribuye a un sólido marco de evaluación de la seguridad operativa.

En una consulta mixta anterior de expertos de FAO/OMS sobre biotecnología y seguridad alimentaria Alimentos (1996) se explicó la comparación de la composición como elemento importante en la determinación de la equivalencia de sustancias. Una comparación de los componentes críticos puede realizarse a nivel de la fuente de alimento (es decir, especie) o del producto alimenticio específico. Los componentes críticos se determinan mediante la identificación de nutrientes clave, sustancias tóxicas claves y antinutrientes para la fuente de alimento en cuestión. La comparación de nutrientes clave debe estar entre la variedad modificada y los comparadores no modificados con un historial apropiado de uso seguro. Cualquier diferencia identificada se evaluaría con respecto a los rangos naturales publicados en la literatura para variedades comerciales o los niveles medidos en variedades parentales u otras variedades comestibles de la especie (FAO, 1996). El comparador utilizado para detectar efectos no deseados debería ser idealmente la línea parental casi isogénica cultivada en condiciones idénticas. Si bien el enfoque comparativo es útil como parte de la evaluación de seguridad de los alimentos derivados de plantas desarrolladas utilizando tecnología de ADN recombinante, el enfoque podría aplicarse en general a los alimentos derivados de nuevas variedades vegetales que han sido criadas con otras técnicas.

SECCIÓN I - ANTECEDENTES

A. Historial de la colza con bajo contenido de ácido erúxico

1. Las especies de colza utilizadas para producir aceite y alimento de colza con bajo contenido de ácido erúxico se derivan del *Brassica* genus de la familia Cruciferae (Brassicaceae), también conocido como la familia de la mostaza o la col. La colza fue cultivada por primera vez en la India hace unos 4.000 años, y la producción a gran escala se informó por primera vez en Europa en el siglo XIII. El suministro mundial de colza con bajo contenido de ácido erúxico se deriva principalmente de dos especies, *B. napus* L.¹ y *B. rapa* L., y en menor medida de la mostaza *B. juncea* (L.) Czern. El aceite de colza oleaginosa con bajo contenido de ácido erúxico (*B. napus* o *B. rapa* y ahora *B. juncea*) también se conoce en algunos países como aceite de canola, aceite de mostaza con calidad canola (*B. juncea*), aceite de mostaza con contenido erúxico cero (ZEM), aceite de colza 0, aceite de colza oleaginosa con bajo contenido de ácido erúxico (LEAR), aceite de colza doble cero, Aceite 00-Raps (en alemán), aceite de colza 00 o 'colza simple 0' (en francés), y no específicamente como: aceite de semilla de colza, huile de colza/colza oil (francés europeo/inglés), aceite de nabo (aceite de *B. rapa*), y aceite de mostaza. Los términos no específicos se aplican al aceite de colza pero a veces se usan incorrectamente para describir aceites con bajo contenido de ácido erúxico (aceites de canola) de la especie *Brassica*.

2. El interés en la cría de colza se intensificó en Canadá poco después de que el cultivo fuera introducido de Europa en la década de 1940. Los esfuerzos iniciales se dirigieron a mejorar las características agronómicas y el contenido de aceite. Los experimentos nutricionales realizados ya en 1949 indicaron que el consumo de grandes cantidades de aceite de colza con altos niveles de ácido erúxico (C22: 1) podría ser perjudicial para los animales (Boulter, 1983). La preocupación por la seguridad nutricional del aceite de colza y su posible impacto en la salud humana estimuló a los agricultores a buscar niveles bajos “controlados genéticamente” de ácido erúxico en la colza. Después de diez años de retrocruzamiento y selección para transferir el rasgo de ácido erúxico bajo a cultivos agronómicamente adaptados, las primeras variedades con bajo ácido erúxico de *B. napus* y *B. campestris* fueron lanzadas en 1968 y 1971 respectivamente (Przybylski *et al.*, 2005). *B. campestris* fue cambiado más tarde por los taxonomistas en *B. rapa* para reflejar su designación original (Bell, 1995). A finales de la década de 1970, el nombre de “canola” fue adoptado en América del Norte para distinguir la nueva planta, con bajo contenido de ácido erúxico, de otros tipos de colza. En regiones del mundo fuera de Europa, los términos “canola” y “colza con bajo contenido de ácido erúxico” se utilizan indistintamente.

3. En los años noventa, se desarrolló *B. juncea* con niveles bajos de glucosinolato en Agriculture and Agri-Food Canada a través de un cruce interespecífico entre una línea hindú de *B. juncea* que contiene sólo glucosinolato de tipo 3-butenilo, y una línea de glucosinolato con contenido cero de ácido erúxico *B. rapa*. La generación interespecífica F1 original entonces se retrocruzó con la *B. juncea* hindú (Love *et al.*, 1990). Posteriormente, se iniciaron programas de mejoramiento para combinar las bajas características del

¹ Para obtener información sobre las consideraciones ambientales para la evaluación de seguridad de las semillas oleaginosas, véase el documento de consenso de la OCDE sobre la biología de las semillas oleaginosas. *Brassica napus* L. (Colza oleaginosa) (OCDE, 1997). *Nota:* Se está desarrollando una versión actualizada de este documento, ampliada para tratar todos los cultivos de *Brassica*; que se publicará en 2012.

glucosinolato con ácido erúxico cero y un mayor contenido de aceite de *B. juncea*. En 2001, Health Canada aprobó el uso en alimentos del aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico derivado de tres variedades de “calidad canola” *B. juncea*.

4. El término “canola” ha sido registrado y adoptado por muchos países para describir el aceite (y las semillas² y plantas) obtenidos de la especie *B. napus*, *B. rapa* y *B. juncea*. La canola debe contener menos de 2 % de ácido erúxico en el aceite y menos de 30 $\mu\text{mol/g}$ de glucosinolatos (cualquiera o cualquier mezcla de 3-butenilglucosinolato, 4-pentenilglucosinolato, 2-hidroxi-3-butenilglucosinolato y 2-hidroxi- 4-pentenil glucosinolato) en la comida secada al aire, libre de aceite. En este documento, el término “colza con bajo contenido de ácido erúxico” se refiere a la semilla de colza con bajo contenido de ácido erúxico, glucosinolato o canola.

B. Producción

5. La colza con bajo contenido de ácido erúxico es la semilla oleaginosa con la segunda mayor producción mundial de productos básicos (después de la soja), con un volumen de 60,62 millones de toneladas métricas (MMt) y la tercera fuente de aceite vegetal (después de la palma y la soja), con un volumen de 22,35 MMt en 2009-10 (ver Tabla 1). Durante los últimos 30 años, este cultivo ha pasado el cacahuate, el girasol y la semilla de algodón en la producción mundial de aceite a base de plantas. La canola se produce extensamente en Europa, Canadá, Asia, y Australia, y en un grado más limitado en los Estados Unidos de América (EE. UU). Por región en 2009, la Unión Europea fue el mayor productor mundial de colza con bajo contenido de ácido erúxico con una producción de 21,4 MMt, seguida por China con 13,5 MMt, Canadá con 11,8 MMt, India con 7,2 MMt y Australia con 1,9 MMt (ver Tabla 2).

6. Por país, Canadá es el mayor exportador de semillas y aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico, representando el 41,8 % y el 29,8 %, respectivamente, de las exportaciones mundiales. Estados Unidos es el mayor país importador de aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico, estimado en 1,0 MMt en 2008. Estados Unidos es el mayor mercado de exportación de aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico en Canadá, aunque su participación en el mercado sigue siendo solo del 5 %, o 500.000 toneladas de las más de 10 millones de toneladas de todas las fuentes de aceite consumidas anualmente (Agriculture and Agri-Food Canada, 2006). Por país, Japón es el mayor importador mundial de semilla de colza, estimado en 2,3 MMt en 2008 (Cuadro 2).

Tabla 1. Visión de las principales oleaginosas y de la producción de aceite a base de plantas

| Cultivo | Producción de semillas oleaginosas 2009-2010 (MMt) | Producción de aceite a base de plantas 2009-2010 (MMt) |
|--------------------|--|--|
| Copra | 5,88 | --- |
| Coco | --- | 3,62 |
| Semilla de algodón | 39,22 | 4,66 |
| Aceituna | --- | 2,91 |
| Palma | | 45,86 |
| Semilla de palma | 12,22 | 5,50 |
| Cacahuate | 32,98 | 4,67 |
| Colza | 60,62 | 22,35 |
| Soja | 211,96 | 38,76 |
| Girasol | 30,39 | 11,66 |

Fuente: USDA, Servicio Agrícola Exterior

² En este documento, semilla se refiere a las semillas para el consumo humano y animal en oposición a las semillas para siembra.

Tabla 2. Producción mundial, importaciones y exportaciones

| | Producción de colza 2009 (MMt) | Exportaciones de Colza 2008 (MMt) | Exportaciones Aceite de colza 2008 (MMt) | Importaciones de Colza 2008 (MMt) | Importaciones de aceite de colza 2008 (MMt) |
|---------------|---------------------------------------|--|---|--|--|
| Australia | 1,9 | 0,5 | 0,1 | - | - |
| Canadá | 11,8 | 6,7 | 1,3 | 0,1 | - |
| China | 13,5 | - | - | 1,3 | 0,3 |
| Unión Europea | 21,4 | 8,2 | 2,7 | 8,4 | 2,7 |
| India | 7,2 | - | - | - | - |
| Japón | - | - | - | 2,3 | - |
| EE. UU. | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 1,0 | 1,0 |
| Mundo | 61,6 | 15,9 | 4,3 | 16,0 | 4,4 |

Fuente: FAOSTAT

7. La mayoría de la producción de colza con bajo contenido de ácido erúxico en China es triturada para el uso de aceite y comidas domésticas, aunque se produce un número limitado de exportaciones. El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico sigue al a la soja en China y representa aproximadamente el 30 % del mercado interno (Agriculture and Agri-Food Canada, 2006).

8. A nivel mundial, las variedades transgénicas de colza con bajo contenido de ácido erúxico se cultivaron en 5,9 millones de hectáreas en 2008, en comparación con 5,5 millones de hectáreas en 2007. Las áreas de cultivo se encuentran predominantemente en Canadá y Estados Unidos. En Canadá, las variedades transgénicas representaron el 87 % de su cultivo total de colza con bajo contenido de ácido erúxico en 2007. Australia cultivó la colza transgénica por primera vez en 2008 (GMO Compass). También se cultivan variedades transgénicas en Chile (James, 2011).

9. Las variedades de *B. napus* se producen en zonas con temporadas más prolongadas de cultivo, en tanto que la *B. rapa* se cultiva en áreas de temporada corta. Las variedades de *B. juncea* han demostrado madurar tempranamente, y son más resistentes al calor y a la sequía, y tienen un rendimiento superior y son más resistentes a las patas negras (una enfermedad fúngica), que la *B. napus* y *B. rapa*. Estas características hacen que la *B. juncea* se adapte bien a las condiciones de cultivo semiáridas de las praderas canadienses (Potts *et al.*, 1999).

C. Procesamiento

10. La semilla de canola es tradicionalmente triturada y extraída con disolvente para separar el aceite de la comida. El proceso generalmente incluye limpieza de semillas, preacondicionamiento y descascarado de las semillas, cocción/acondicionamiento de las semillas, prensado de las escamas para retirar mecánicamente una porción del aceite, extracción con disolvente de la torta de prensa para eliminar el resto del aceite, desolventización de aceite y comida, desgomado y refinado del aceite, y tostado de la comida. La semilla de canola también puede someterse a extracción en frío (*es decir* sin calor ni disolvente). Las etapas principales del proceso de extracción con disolvente se esquematizan en la Figura 1.

Limpieza de semillas

11. La semilla se limpia para eliminar los tallos de la planta, los granos de otras especies vegetales y otros materiales de la semilla a granel. En el proceso de limpieza se utiliza la aspiración, la limpieza con indentación, el tamizado o alguna combinación de estos. El descascarado de la semilla no es, en la actualidad, un proceso comercial.

Preacondicionamiento de semillas y escamación

12. Muchas plantas de trituración en climas más fríos precalientan la semilla a aproximadamente 35 °C a través de secadores de grano para prevenir la rotura que puede ocurrir cuando la semilla fría del almacenamiento entra en la unidad de escamado (Unger, 1990). La semilla limpia se escama en primer lugar mediante molinos con rodillos ajustados para una holgura estrecha para romper físicamente la capa de la semilla. El objetivo aquí es romper tantas paredes celulares como sea posible sin dañar la calidad del aceite. El espesor de las escamas es importante, con un nivel óptimo de entre 0,3 y 0,4 mm. Las escamas de menos de 0,2 mm son muy frágiles, mientras que las escamas de más de 0,4 mm dan como resultado un menor rendimiento de aceite.

Cocción/condicionamiento de semillas

13. Las escamas se cocinan/condicionan pasándolas a través de una serie de cocinas de tambor o pilas calentadas con vapor. La cocción sirve para romper térmicamente las células de aceite que han sobrevivido a la descamación, reducir la viscosidad del aceite y por lo tanto promover la coalescencia de las gotas de aceite, aumentar la velocidad de difusión de la torta de aceite preparada y desnaturalizar las enzimas hidrolíticas. La cocción también ajusta la humedad de los copos, lo que es importante para el éxito de las operaciones posteriores de pre-prensado. Al comienzo de la cocción, la temperatura se incrementa rápidamente a 80-90 °C. El calentamiento rápido sirve para inactivar la enzima mirosinasa presente en la canola. Esta enzima puede hidrolizar las pequeñas cantidades de glucosinolatos presentes en canola y producir productos de descomposición indeseables que afectan tanto la calidad del aceite como la calidad de la comida.

14. El ciclo de cocción suele durar de 15 a 20 minutos y las temperaturas generalmente oscilan entre 80 y 105 °C, con un óptimo de aproximadamente 88 °C. En algunos países, especialmente en China, las temperaturas de cocción de hasta 120 °C se han utilizado tradicionalmente en el procesamiento de colza con alto contenido de glucosinato para volatilizar algunos de los compuestos de azufre que pueden causar olores en el aceite. Sin embargo, estas altas temperaturas pueden afectar negativamente la calidad de las proteínas de la comida.

Prensado

15. Los copos de semilla de canola cocidos luego se presan en una serie de prensas de tornillo continuas de baja presión o expulsos. Esta acción elimina la mayor parte del aceite mientras evita la presión y la temperatura excesivas. El objetivo del prensado es reducir el contenido de aceite de la semilla de aproximadamente 42 % a 14-20 %, haciendo que el proceso de extracción con disolvente sea más económico y eficiente, produciendo al mismo tiempo una torta de presión de calidad aceptable.

Extracción con solvente

16. Puesto que el prensado no puede eliminar todo el aceite de la semilla de canola, la torta de prensa se extrae con disolvente para eliminar el aceite restante. La torta de los expulsos, que contiene entre 14 y 20 % de aceite, a veces se rompe en piezas uniformes antes de la extracción con disolvente. En la extracción con disolvente, se utiliza hexano especialmente refinado para uso en la industria de aceite vegetal. Después de una serie de extracciones, el orujo (comida saturada de hexano) que sale del extractor con disolvente contiene menos de 1 % de aceite.

Desolventización del aceite y la comida

17. Se elimina el disolvente de la micela y la comida, para recuperar aceite y comida sin disolvente. La micela que contiene el aceite es desolventizada usando un equipo de evaporador. El disolvente se separa del orujo en una destiladora-tostadora. Esto se hace en una serie de compartimentos o calderas dentro del desolventizador, a menudo mediante inyección de vapor vivo, seguido de una separación final y secado a una temperatura de 103-107 °C. La comida final libre de disolventes contiene aproximadamente un 1 % de aceite y 8 a 10 % de humedad.

Desgomado de aceite

18. El aceite “crudo” de las dos etapas de extracción (física y química) suele mezclarse y luego desgomarse antes de ser almacenado para su venta o procesamiento posterior. El desgomado elimina los fosfátidos coextraídos con el aceite, que tienden a separarse del aceite como lodo durante el almacenamiento. El contenido de fosfátidos en el aceite crudo varía, pero suele ser del orden del 1,25 % (o 500 ppm si se mide como fósforo). Se utilizan dos métodos de desgomado: (a) usar agua para precipitar fosfátidos y; (b) usar un ácido tal como cítrico, málico, o fosfórico y agua (súper-desgomado).

Refinado alcalino y físico del aceite

19. El aceite desgomado se purifica adicionalmente en un proceso de refinado. Se utiliza uno de dos métodos, a saber, refino de álcali, especialmente con aceite desgomado en agua, y refinado físico con aceite desgomado ácido-agua. El refinado de álcali es el proceso más común usado, incluso con aceite de ácido-agua desgomado. El refinado físico es un desarrollo relativamente nuevo. Si bien es muy económico, el refinado físico requiere aceite bien desgomado de clorofila moderada y contenido de ácidos grasos libres. El refinado alcalino reduce los niveles de jabón, ácido graso libre y fósforo. La eliminación adicional de ácidos grasos libres se realiza por destilación con vapor de agua en un desodorizador. Esto desodoriza el aceite al mismo tiempo. Debido a que la desodorización es el último proceso normalmente llevado a cabo en aceites comestibles, esta etapa puede retrasarse hasta que se hayan hecho otros procesos, tales como la hidrogenación del aceite. El aceite refinado con álcali contiene compuestos clorofiloide que dan al aceite un color verde, y catalizan la oxidación del aceite. Estos compuestos se eliminan por blanqueo por absorción con arcillas activadas con ácido.

Efectos del procesamiento sobre la calidad de la comida

20. La calidad de la comida se puede mejorar o disminuir alterando las condiciones de procesamiento en la planta de trituración. Se necesitan temperaturas de procesamiento mínimas (véase el párrafo 22) para desactivar la enzima mirosinasa, que, si no se destruye, descompondrá los glucosinolatos en sus metabolitos tóxicos en el tracto digestivo del animal. El proceso de trituración de la canola también puede causar degradación térmica del 30 al 70 % de glucosinolatos en la comida (Daun y Adolphe, 1997). Sin embargo, si las temperaturas son demasiado altas durante un período demasiado largo, entonces la calidad de la proteína de la comida puede disminuir. Puede haber una variación considerable en las temperaturas utilizadas durante el procesamiento de la canola. En estos casos, es importante que los usuarios de la comida de canola consideren la calidad de la proteína de la comida utilizada para el pienso.

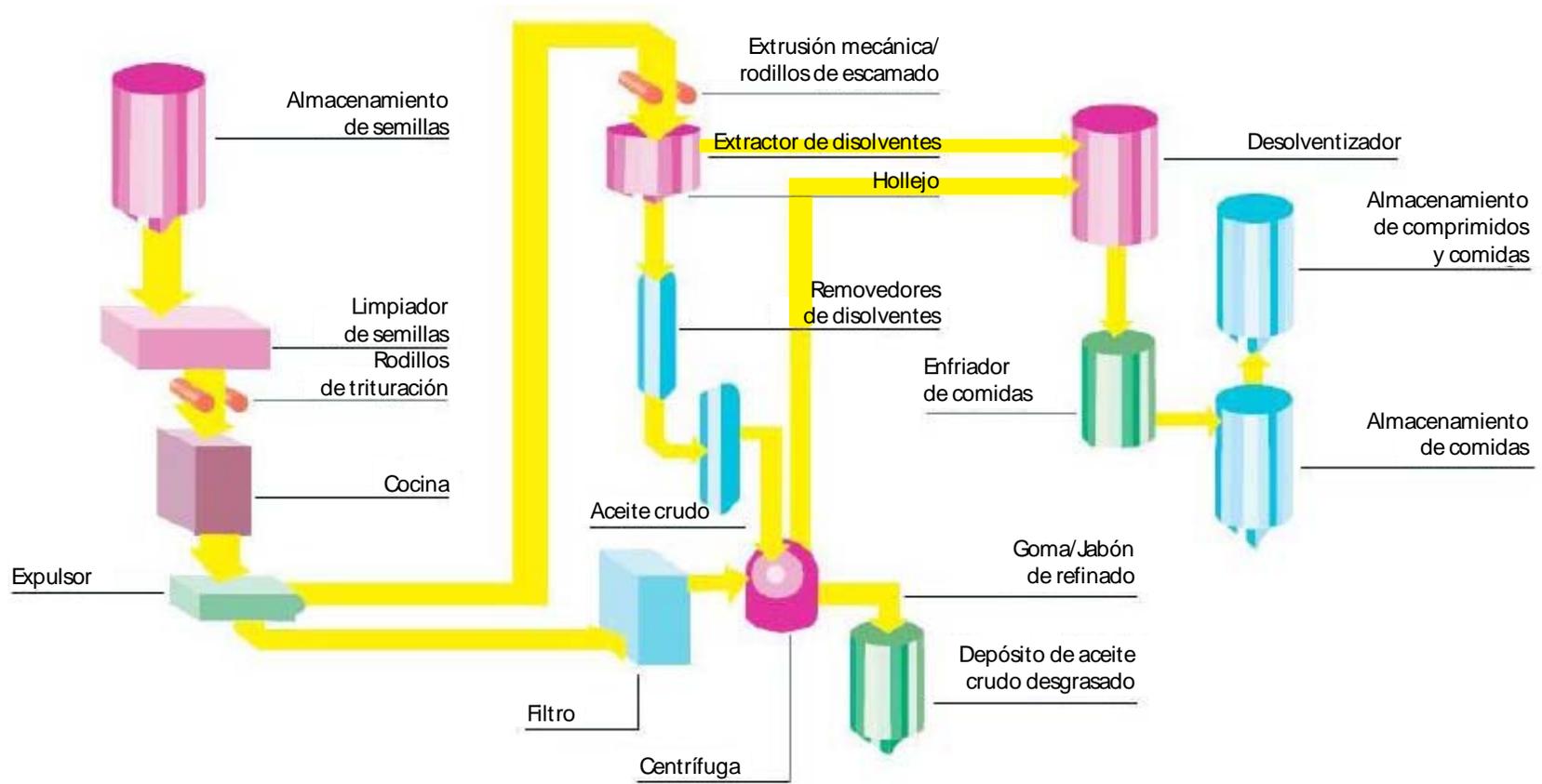
21. Algunos de los subproductos del procesamiento de la canola a veces se agregan de nuevo a la comida de canola. En el caso de las encías añadidas y las existencias de jabón, estos componentes ricos en aceite aumentarán el contenido energético de la comida. En el caso de tamicos adicionales y material extraño, la calidad de la comida disminuirá a medida que aumente el contenido de fibra. Estas diferencias en las prácticas de procesamiento pueden ser identificadas como parte de los programas de control de calidad.

Temperatura

22. La desactivación de la enzima mirosinasa se realiza mejor durante la etapa de cocción de la semilla de canola. Las primeras investigaciones de Youngs y Wetter (1969) con respecto a los pasos para minimizar la hidrólisis de glucosinolatos por la mirosinasa se han convertido en la práctica operativa para procesadores de todo el mundo. El contenido de humedad de la semilla durante el procesamiento debe estar entre 6 y 10 %. Por encima del 10 % de humedad, la hidrólisis del glucosinolato procederá rápidamente, y por debajo del 6 % de humedad, la enzima mirosinasa sólo se inactiva lentamente por calor. Además, la temperatura debe elevarse a 80 a 90 °C lo más rápido posible durante la cocción de semillas. La hidrólisis catalizada por mirosinasa de glucosinolatos continuará con el aumento de la temperatura hasta que se desactive la enzima, de modo que una velocidad lenta de calentamiento favorece la hidrólisis del glucosinolato.

23. El calentamiento excesivo durante el procesamiento puede resultar en una digestibilidad animal reducida de algunos aminoácidos, particularmente lisina. Los procesadores deben ejercer un estricto control del proceso para asegurar que el daño de aminoácidos se minimice al no sobrecalentar la comida en la desolventizadora-tostadora. El examen de la calidad de las comidas en diversas etapas de procesamiento en varias plantas trituradoras canadienses reveló que la comida de canola es un producto uniforme y de alta calidad hasta que entra en la fase desolventizadora-tostadora (Newkirk y Classen, 2000). Durante esta etapa, la proteína cruda y la digestibilidad de lisina y el contenido de lisina se redujeron significativamente y la energía metabolizable aparente fue numéricamente inferior. Esta investigación de Newkirk y Classen sugiere que las temperaturas comúnmente utilizadas en la etapa desolventizadora-tostadora de 105 °C causan cierto daño proteico. Determinaron que el procesamiento con una temperatura máxima de 95 °C en el desolventizadora-tostadora aumenta significativamente la digestibilidad de la lisina, a niveles similares encontrados en la comida de soja. Además, el tostado tradicional hace que la comida se vuelva mucho más oscura en color. Esta es una preocupación de calidad para algunos fabricantes de piensos, cuyos clientes prefieren usar ingredientes de color claro.

Figura 1. Proceso de extracción con disolvente preimpregnado



Fuente: Sitio web del Consejo Canadiense de Canola (CCC)

D. Uso

24. Las semillas de colza con bajo contenido de ácido erúxico se procesan en dos productos principales: aceite y comida. El aceite y la comida se fabrican posteriormente en una amplia variedad de productos para uso humano y agrícola, así como para uso industrial. Se ha informado de forma anecdótica el consumo humano de semillas enteras y comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico, y se ha reportado una evaluación sensorial de los vegetales de canola (Miller-Cebert *et al.*, 2009).

25. El aceite se utiliza en el procesamiento de alimentos, así como para cocinar en casa y hornear. El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico refinado es ampliamente utilizado en productos para ensalada y aceite de cocina, y también es aceptable en productos hidrogenados como margarina y manteca (Przybylski *et al.*, 2005; Malcolmson y Vaisey-Genser, 2001). En Canadá, el aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico representa aproximadamente el 68 % del aceite comestible a base de plantas consumido. Se utiliza ampliamente en productos para ensalada y aceite de cocina (que representan casi el 90 % de estos productos), así como en productos hidrogenados como la margarina (que representa el 45 % de estos productos) y manteca (que representa el 50 % de estos productos) (Malcolmson y Vaisey-Genser, 2001). En los Estados Unidos, el aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico representa del 7 al 8 % del consumo total de aceite y se utiliza en todos los productos alimenticios que requieren una fuente de aceite. El aceite también se utiliza en una amplia variedad de productos no alimenticios tales como despresurizadores de polvo, desecador para aviones, aceites bronceadores, biodiesel y bioplásticos (MCGA, 2008). Los subproductos tales como la pasta de jabón también se fabrican a partir del aceite.

26. El uso de alimentos de fracciones de proteínas de comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico no ha sido reportado en gran medida (Tan *et al.*, 2011). Sin embargo, recientemente se han otorgado patentes en Canadá (por ejemplo, la patente canadiense CA 2553640) (Base de Datos Canadiense de Patentes, 2011), y una empresa ha notificado a la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) sobre ciertos usos de aislados de la proteína de canola en particular que la empresa ha determinado que se reconocen generalmente como seguros (GRN N.º 327) (Inventario de Avisos de GRAS, FDA, 2010).

27. La comida que queda después de la extracción del aceite de la semilla se utiliza como una fuente de alimentación de proteína alta (36-44 %) para todas las clases de ganado, aves y pescado. Antes de fines de la década de 1970, el uso de este subproducto de procesamiento de semillas oleaginosas como alimento para animales estaba limitado por la presencia de glucosinolatos en la semilla. Generalmente se considera que los glucosinolatos son inocuos; sin embargo, los productos de hidrólisis tienen efectos negativos sobre la producción animal. La baja palatabilidad y los efectos adversos de los metabolitos de glucosinolatos debido a su actividad antitiroidea, condujeron al desarrollo de variedades de colza que han combinado niveles bajos tanto de glucosinolatos como de ácido erúxico (también conocidas como variedades “doble cero”). Por unidad de peso, la comida de canola tiene un 55-65 % del valor de 47 % de la comida de soja proteica para alimentar a los productores de pollo, 65-75 % para la alimentación de cerdos en crecimiento y 75-85 % para el ganado lechero (CCC, 2009).

28. La comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico se equilibra típicamente con otros ingredientes proteínicos (*p. ej.* comida de soja, guisantes). Debido a que la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico contiene un 30 % de cáscara, tiene un alto contenido de fibra, lo que limita su uso en dietas monogástricas (aproximadamente 15 % de la dieta total). Las tasas de inclusión más altas son prácticas en las raciones de rumiantes, especialmente para las vacas lecheras. La comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico puede utilizarse como único suplemento proteico para los rumiantes. La comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico descascarillado tiene el potencial de competir con la comida de soja en las dietas de cerdos y aves de corral. Las comidas derivadas de *B. juncea* han demostrado que contienen más proteína cruda y menos fibra dietética total sobre una base seca que la *B. napus* o *B. rapa* (Simbaya *et al.*, 1995; Newkirk *et al.*, 1997).

29. Debido a que el aceite es altamente insaturado, la cantidad que puede añadirse a una ración puede limitar el uso de comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico a comidas con alto contenido de aceite residual (*es decir* que ha sido prensado en frío) (Downey, 2007). Los niveles excesivos de suplementación también pueden ser indeseables a medida que se exceden los requerimientos de proteína del animal y se incrementa la excreción de nitrógeno. Las tasas típicas de inclusión de semillas, aceite y comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico en pienso (para diferentes animales) se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Tasas máximas recomendadas de inclusión de colza con bajo contenido de ácido erúxico en piensos

| Animal | Ingrediente | | | |
|-----------------------------|--|---|--|---|
| | Semilla de colza con bajo contenido de ácido erúxico | Comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico | Comida prensada en frío de colza con bajo contenido de ácido erúxico | Aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico |
| Carne ¹ | | | | |
| • Vaca | 6-10 | 30 | 15 | 3 |
| • Unidad de engorde | 6 | 30 | 15 | 3 |
| Lácteos ¹ | | | | |
| • Lactante | 3 | 25 | 10 | 3 |
| • Seco | 3 | 25 | 10 | 3 |
| • Terneros | No determinado | 20 | 15 | 3 |
| Cerdo ² | | | | |
| • Criadero | No determinado | 5 | | 3 |
| • Productor | 12-14 | 15 | 15 | 3 |
| • Vendedor | 12-14 | 15 | 15 | 3 |
| • Siembra | 12 | 15 | | 3 |
| Aves de corral ² | | | | |
| • Inicial | No determinado | 5 | | 4 |
| • Productor | 10 | 15 | | 4 |
| • Vendedor | 10 | 20 | | 4 |
| • Capas | 10 | 10 | | 3 |
| Pescado ² | | | | |
| • Trucha/salmón | 20 | 20 | | 10 |
| • Bagre | 30 | 30 | | 10 |
| • Tilapia | 15 | 15 | | 10 |

Fuentes: Hickling, 2005; McAllister *et al.*, 1999; Racz y Christensen, 2004; Van Barneveld y King, 2002

¹ % de concentrados en base a materia seca

² % de alimento completo en base a materia seca

30. Con el aumento de la demanda del mercado de aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico para el mercado de biodiesel, se espera un aumento significativo en el suministro de comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico. Las propiedades de la comida derivadas de la producción de biodiesel también pueden ser diferentes si el aceite se obtiene mediante procedimientos de extracción en frío.

E. Comparadores apropiados para probar nuevas variedades

31. Este documento sugiere parámetros que los productores de colza con bajo contenido de ácido erúxico deben medir al desarrollar nuevas variedades modificadas. Los datos obtenidos en el análisis de una nueva variedad de colza con bajo contenido de ácido erúxico deberían compararse idealmente con los obtenidos a partir de una variedad no modificada casi isogénica apropiada cultivada y cosechada bajo las

mismas condiciones³. La comparación también se puede hacer entre valores obtenidos de nuevas variedades y datos disponibles en la literatura, o datos analíticos químicos generados a partir de variedades comerciales de colza con bajo contenido de ácido erúxico.

32. Los componentes a analizar incluyen nutrientes, antinutrientes y contaminantes clave. Los nutrientes clave son aquellos que tienen un impacto sustancial en la dieta general de los seres humanos (alimentos) y los animales (pienso). Pueden ser constituyentes importantes (grasas, proteínas y carbohidratos estructurales y no estructurales) o compuestos menores (vitaminas y minerales). De manera similar, deben considerarse los niveles de antinutrientes y alergénicos conocidos. Los contaminantes clave son aquellos compuestos toxicológicamente significativos que se sabe que están inherentemente presentes en la especie, cuya potencia y niveles tóxicos pueden afectar a la salud humana y animal. Deberían utilizarse métodos analíticos normalizados y tipos de materiales adecuados, adecuadamente adaptados al uso de cada producto y subproducto. Los componentes clave analizados se utilizan como indicadores de si se han producido o no efectos indeseados de la modificación genética que influyen en el metabolismo de las plantas.

F. Características de cría examinadas por los desarrolladores

33. Las características fenotípicas proporcionan información importante relacionada con la idoneidad de nuevas variedades para la distribución comercial. La selección de nuevas variedades se basa inicialmente en los datos parentales. Los productores de plantas que desarrollan nuevas variedades de colza con bajo contenido de ácido erúxico evalúan muchos parámetros en diferentes etapas del proceso de desarrollo. Los objetivos típicos incluyen aumentar la flexibilidad agronómica y la productividad, capturando nichos de mercado u ofreciendo a los usuarios finales más opciones. Esta lista incluye características tales como rendimiento mejorado y estabilidad de rendimiento, madurez, resistencia al invierno, resistencia a las enfermedades y plagas, resistencia al hospedaje y atributos específicos del producto. Las nuevas variedades deben cumplir criterios mínimos de rendimiento, contenido de aceite, contenido de proteínas, perfil de ácidos grasos, contenido de glucosinolatos y resistencia a las enfermedades. En respuesta a las preocupaciones acerca de las grasas trans en los aceites vegetales parcialmente hidrogenados, los productores de colza con bajo contenido de ácido erúxico continúan trabajando para desarrollar líneas que producen aceites con alto contenido de ácido oleico y bajo contenido de ácido linolénico.

34. La colza transgénica con bajo contenido de ácido erúxico resistente a los herbicidas se introdujo por primera vez en Canadá en 1995. En 2006, más del 80 % de la superficie de colza con bajo contenido de ácido erúxico en Canadá se sembró con variedades transgénicas. Las primeras etapas del desarrollo transgénico en colza con bajo contenido de ácido erúxico en Canadá se centraron principalmente en la tolerancia a herbicidas y en la evaluación del control de polinización transgénica. El foco de desarrollo se ha desplazado a los híbridos en los últimos años y ahora los principales rasgos de interés incluyen la tolerancia al estrés, la mejora de la vía metabólica, la resistencia al estrés biótico, así como las modificaciones de la composición de ácidos grasos.

³ Véase la Guía para la valuación de seguridad Inocuidad de los alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante CAC/GL 45/2003 de la Comisión del Codex Alimentarius (párrafos 44 y 45).

SECCIÓN II - NUTRIENTES

A. Composición de colza con bajo contenido de n ácido erúxico

35. La colza con bajo contenido de ácido erúxico consiste principalmente en lípidos, proteínas y fibra. Los lípidos y las proteínas son cuantitativamente las fracciones más importantes y representan más del 60 % del peso de la semilla. La composición media de l colza con bajo contenido de ácido erúxico se presenta en la Tabla 4. Los datos se toman de los informes de calidad de 2006 a 2009 de Canadá y Australia.

Tabla 4. Composición media canadiense y australiana de semillas, aceite y comida de colza con bajo contenido erúxico (2006-2009)

| Componente | 2006 | | 2007 | | 2008 | | 2009 | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----|
| | CA ⁴ | AU ⁷ | CA ⁴ | AU ⁸ | CA ⁵ | AU ⁹ | CA ⁶ | AU |
| Contenido de aceite en la semilla, % | 44,6 ¹ | 42,2 ² | 43,4 ¹ | 44,0 ² | 44,3 ¹ | 41,8 ² | 44,5 ¹ | NA |
| Contenido de proteínas en comida sin aceite, % ¹ | 41,0 ¹ | 40,1 ³ | 41,2 ¹ | 40,0 ³ | 40,3 ¹ | 41,0 ³ | 38,7 ¹ | NA |
| Glucosinolatos totales en semilla, µmol/g ¹ | 10,0 ¹ | 4,0 ² | 10,0 ¹ | 8,0 ² | 10,6 ¹ | 10,0 ² | 9,6 ¹ | NA |
| Ácido erúxico en aceite, % | 0,05 | 0,1 | 0,04 | 0 | 0,01 | <0,1 | 0,01 | NA |
| Ácido linoleico en aceite, % | NA | 20,2 | 19,3 | 20,4 | 18,4 | 20,3 | 18,8 | NA |
| Ácido linolénico en aceite, % | 9,9 | 11,1 | 9,8 | 11,0 | 9,1 | 10,7 | 10 | NA |
| Ácido oleico en aceite, % | 62,0 | 60,0 | 61,5 | 59,7 | 63,2 | 60,0 | 62,2 | NA |
| Total de ácidos grasos saturados en aceite, % | 7,0 | 7,2 | 7,0 | 7,4 | 7,1 | 7,6 | 6,8 | NA |
| Valor de yodo (calculado) | 113,0 | 116,8 | 113,0 | 116,6 | 111,0 | 115,7 | 114 | NA |

CA = Canadá, valores medios de muestras tomadas de 3 provincias canadienses;

AU = Australia, valores medios de muestras tomadas de 4 estados australianos;

NA = No disponible

¹ Base de humedad del 8,5 %

² Base de humedad del 6 %

³ Base de humedad del 10 %

Fuentes: Agriculture and Agri-Food Canada ⁴ (2008); ⁵ (2009); ⁶ (2010)
Seberry, DE, RJ Mailer y P.A. Parker ⁷ (2007); ⁸ (2008); ⁹ (2009)

Ácidos grasos

36. La grasa dietética tiene varias funciones nutricionales importantes. Es una fuente importante de energía, así como la fuente de ácidos grasos esenciales que son componentes importantes de las membranas celulares. La grasa sirve como precursor para muchos compuestos biológicamente activos y como vehículo para las vitaminas liposolubles (Przybylski *et al.*, 2005).

37. El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico está constituido por 91,8-99,0 % de triglicéridos, hasta 3,5 % de fosfolípidos, 0,5-1,8 % de ácidos grasos libres, 0,5-1,2 % de materia no saponificable incluyendo 700-1000 mg/kg de tocoferoles totales y 5-35 mg/Kg de pigmentos y 5-25 mg/kg de azufre (Przybylski *et al.*, 2005).

38. El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico tiene el contenido más bajo de ácidos grasos saturados (*alrededor del 7 %*) de los aceites vegetales (Gunstone, 2005) y también se caracteriza por un nivel relativamente alto de ácidos grasos monoinsaturados y una cantidad apreciable de ácido alfa linolénico (alfa C18: 3) (Przybylski *et al.*, 2005). Los perfiles y niveles de ácidos grasos para el aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico se han definido en la Norma del Codex para aceites vegetales designados (Comisión del Codex Alimentarius, 2005). Las muestras que caen dentro de los intervalos apropiados especificados en la Tabla 5 cumplen con esta Norma. Los perfiles de ácidos grasos para el aceite de colza y el aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico de la Norma del Codex se presentan en la Tabla 5.

39. Los ácidos grasos menores se producen en el aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico en un intervalo de aproximadamente 0,01-0,1 %, excepto para el ácido palmitoleico (C16:1) que es alrededor del 0,6 %. El ácido linoleico conjugado (C18:2) también se puede encontrar en el aceite a menudo como artefactos de refinación y desodorización. El proceso de refinado es también una fuente de *trans*isómeros de ácidos grasos que se producen como artefactos causados por la isomerización de uno o más de los dobles enlaces de *cis* ácido linolénico (*cis* C18:3). Tales isómeros *trans* se pueden encontrar en cualquier aceite que contenga ácido linolénico (C18:3) y pueden representar 1 % o más del ácido graso parental.

Tabla 5. Norma del Codex para la composición de ácidos grasos de aceite de colza y aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico (% de ácidos grasos totales)

| Ácido graso | Nombre común | Colza | Colza con bajo contenido de ácido erúxico |
|-------------|----------------------------|--------------|---|
| C6:0 | Caproico | ND | ND |
| C8:0 | Caprílico | ND | ND |
| C10:0 | Cáprico | ND | ND |
| C12:0 | Láurico | ND | ND |
| C14:0 | Mirístico | ND-0,2 | ND-0,2 |
| C16:0 | Palmitico | 1,5-6,0 | 2,5-7,0 |
| C16:1 | Palmitoleico | ND-3,0 | ND-0,6 |
| C17:0 | Heptadecanoico | ND-0,1 | ND-0,3 |
| C17:1 | Heptadecenoico | ND-0,1 | ND-0,3 |
| C18:0 | Estearico | 0,5-3,1 | 0,8-3,0 |
| C18:1 | Octadecenoico (oleico) | 8,0-60,0 | 51,0-70,0 |
| C18:2 | Linoleico | 11,0-23,0 | 15,0-30,0 |
| C18:3 | Linolénico | 5,0-13,0 | 5,0-14,0 |
| C20:0 | Araquídico | ND-3,0 | 0,2-1,2 |
| C20:1 | Gadoleico (eicosenoico) | 3,0-15,0 | 0,1-4,3 |
| C20:2 | Ecosadienoico | ND-1,0 | ND-0,1 |
| C22:0 | Behénico | ND-2,0 | ND-0,6 |
| C22:1 | Erúxico | > 2,0 - 60,0 | ND-2,0 |
| C22:2 | Docosadienoico | ND-2,0 | ND-0,1 |
| C24:0 | Lignocérico | ND-2,0 | ND-0,3 |
| C24:1 | Nervónico (tetracosenoico) | ND-3,0 | ND-0,4 |

ND: No detectable, definido como <0,05 %

Fuente: Comisión del Codex Alimentarius, 2005

Vitamina K

40. El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico es una fuente de vitamina K₁ (Filoquinona) y el contenido de vitamina K₁ en aceite se ha descrito en varias publicaciones (Tabla 6). La semilla de colza, la soja y los aceites de oliva son buenas fuentes de filoquinona y contienen 50-200 ug de vitamina K₁/100 g de aceite. Estos aceites vegetales se clasifican como el segundo contribuyente más importante de vitamina K₁ a la dieta humana después de las hortalizas de hoja verde (FAO/OMS, 2002). Se ha demostrado que el contenido de vitamina K₁ en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico se ve afectado significativamente por las condiciones de procesamiento y almacenamiento (temperatura, exposición a la luz, etc.) (Ferland y Sadowski, 1992, Gao y Ackman, 1995). Por lo tanto, cuando se considera el contenido de la vitamina K₁ en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico, puede ser útil tener en cuenta el estado del proceso y las condiciones de almacenamiento.

Tabla 6. Niveles de vitamina K₁ en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico (por 100 g de aceite)

| Referencia | Vitamina K ₁ (Filoquinona) (Microgramos/100 g de aceite) |
|-----------------------------------|--|
| Ferland y Sadowski (1992) | 141 |
| Gao y Ackman (1995) | 125 |
| Shearer <i>et al.</i> (1996) | 123 |
| Piironen <i>et al.</i> (1997) | 150 130 ¹ |
| Cook <i>et al.</i> (1999) | 108 ² 97 ³ |
| Bolton-Smith <i>et al.</i> (2000) | 112,5 |
| Kamao <i>et al.</i> (2007) | 92 |
| USDA-ARS (2011) | 71,4 |

Estas mediciones se obtuvieron mediante diversos tipos de metodologías analíticas basadas en HPLC. Estos datos se obtuvieron del análisis del aceite disponible para la venta al por menor.

¹ Aceite prensado en frío

² Muestra preparada por digestión enzimática y extracción

³ Muestra preparada por extracción directa

Tocoferoles y esteroides

41. Los principales componentes no saponificables de los aceites vegetales son los tocoferoles y los esteroides. Los tocoferoles, que incluyen la vitamina E, son antioxidantes naturales y su nivel en las plantas se rige por el nivel de ácidos grasos insaturados. Un simple aumento en la insaturación dará lugar a la formación de niveles más altos de antioxidantes para proteger el aceite (Przybylski *et al.*, 2005). La distribución de los tocoferoles naturales varía con los diferentes aceites vegetales tanto cuantitativamente como en la cantidad de diferentes isómeros (Tabla 7). La colza con bajo contenido de ácido erúxico contiene principalmente alfa y gamma-tocoferoles usualmente a una proporción de 1:2.

Tabla 7. Norma del Codex para los niveles de tocoferoles en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico (mg/kg)

| Tocoferol (Mg/kg) | Aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico |
|------------------------------|--|
| Alfa-tocoferol | 100-386 |
| Beta-tocoferol | ND-140 |
| Gamma-tocoferol | 189-753 |
| Delta-tocoferol | ND-22 |
| Total | 430-2680 |

ND: No detectable, definido como <0,05 %.

Fuente: Comisión del Codex Alimentarius, 2005

42. Además de los tocoferoles, los esteroides son los otros componentes no saponificables de los aceites vegetales. Los esteroides se encuentran en la colza con bajo contenido de ácido erúxico en dos formas en cantidades iguales, esteroides libres y esterificados. La cantidad de esteroides totales presentes en el aceite es aproximadamente el doble que la encontrada en el aceite de soja y ligeramente inferior a la cantidad encontrada en el aceite de maíz. Los esteroides totales oscilan entre 450 y 1130 mg/100 g de aceite. Las proporciones de los principales esteroides se presentan en la Tabla 8. Aunque el refinado, el blanqueo y la desodorización del aceite reducen los niveles tanto de tocoferoles como de esteroides (Przybylski *et al.*, 2005), el aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico sigue siendo una fuente de estos compuestos.

Tabla 8. Norma Codex de los principales esteroides en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico (% de esteroides totales)

| Esterol (% de esteroides totales) | Aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico |
|--|--|
| Colesterol | ND-1,3 |
| Brassicasterol | 5,0-13,0 |
| Campesterol | 24,7-38,6 |
| Estigmasterol | 0,2-1,0 |
| Beta-sitosterol | 45,1-57,9 |
| Delta-5-avenasterol | 2,5-6,6 |
| Delta-7-estigmastenol | ND-1,3 |
| Delta-7-avenasterol | ND-0,8 |
| Otros | ND-L2 |

ND: No detectable, definido como <0,05 %.

Fuente: Comisión del Codex Alimentarius, 2005

Pigmentos

43. Los pigmentos en las semillas oleaginosas imparten color indeseable al aceite y pueden promover la oxidación en presencia de luz, así como inhibir los catalizadores usados para la hidrogenación (Przybylski *et al.*, 2005). Las clorofilas sin fitol tales como las clorofilidas y los feoforbidos pueden presentar un efecto nutricional debido a su fototoxicidad, que puede ser seguida por la dermatitis fotosensible (Endo *et al.*, 1992). Una etapa de blanqueo en el procesamiento de aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico elimina los pigmentos relacionados con la clorofila y otros cuerpos de color. Con el fin de mitigar el efecto de “intoxicación” de los catalizadores durante la hidrogenación, los estándares de clasificación para las semillas

de colza con bajo contenido de ácido erúxico especifican niveles de tolerancia para el número de “semillas verdes” permitidas. Los lotes que exceden el nivel máximo de tolerancia son rechazados.

Elementos de seguimiento

44. Los niveles máximos permitidos para el hierro, el cobre, el plomo y el arsénico para el aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico figuran en la Norma del Codex para los aceites vegetales específicos (Comisión del Codex Alimentarius, 2005). Éstos se eliminan generalmente hasta los niveles de traza durante el proceso. Los componentes de azufre divalentes, que son productos de descomposición de los glucosinolatos, se encuentran en el aceite crudo de colza con bajo contenido en ácido erúxico en rangos de 15 a 35 mg/kg. Los pasos de refinamiento, blanqueo y desodorización reducen estos niveles a 9 mg/kg o menos (Przybylski *et al.*, 2005).

Otras características de la identidad del aceite

45. No se consideran necesarias mediciones no específicas tales como los valores de saponificación, la materia insaponificable, los valores de yodo y los valores de Crismer en el contexto de una evaluación comparativa de seguridad. Estas mediciones se deben comparar con la Norma del Codex para Aceites Vegetales Designados (Comisión del Codex Alimentarius, 2005).

B. Composición de semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúxico

46. La comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico es el subproducto que permanece después de la extracción de lípidos. A diferencia de otras semillas oleaginosas, el casco no suele separarse de la semilla. La Tabla 9 proporciona perfiles nutricionales típicos para semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúxico.

Tabla 9. Rango en la composición próxima y de la fibra de semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúxico (Base DM, a menos que se indique lo contrario)

| Componente | Semilla de colza con bajo contenido de ácido erúxico ¹ | | | Comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico ² | | |
|------------------------------|---|-------|-----------|--|-------|-----------|
| | Muestras | Media | Rango | Muestras | Media | Rango |
| Humedad % fw | 91 | 5,6 | 3,2-8,1 | 1584 | 9,3 | 7,1-11,5 |
| % de proteína cruda | 91 | 24,7 | 21,3-28,1 | 1560 | 39,9 | 35,6-44,3 |
| % de grasa | 77 | 40,3 | 35,6-44,9 | 644 | 7,4 | 0,3-14,5 |
| % de ceniza | 10 | 5,0 | 4,1-5,9 | 285 | 7,4 | 6,1-8,7 |
| % de fibra cruda | 1 | 9,1 | - | 89 | 9,5 | 7,7-11,2 |
| % de fibra detergente ácida | 15 | 19,4 | 11,9-26,8 | 890 | 20,8 | 17,6-23,9 |
| % de fibra detergente neutra | 15 | 26,7 | 18,7-34,7 | 949 | 30,1 | 25,6-34,6 |

Fuente: Dairy One Cooperative Inc.

¹ Años acumulados de cultivo de semilla de canola: 01/05/2000 a 30/04/2010

² Comida de canola, seca, años acumulados de cultivo: 01/05/2000 a 30/04/2010

47. Como puede observarse en la Tabla 9, existe un rango considerable en la composición próxima de la semilla y la comida, algunos de los cuales se pueden atribuir a la variabilidad regional de la semilla (Racz y Christensen, 2004), así como al método utilizado para extraer el aceite (Bonnardeaux, 2007). La variabilidad regional y ambiental en la composición de la semilla se demuestra en datos presentados por Pritchard *et al.* (2000), donde se indica un contenido sustancialmente inferior (17,4 - 23,0 % de DM) de contenido de proteína bruta.

48. Los niveles de vitaminas y minerales se dan en las tablas 10 y 11.

Tabla 10. Composición vitamínica de la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico (base DM)

| Vitamina (mg/kg) | Comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico |
|---------------------|---|
| Biotina | 0,98-1,1 |
| Colina | 6700,0 |
| Ácido fólico | 0,8-2,3 |
| Niacina | 160,0 |
| Ácido pantoténico | 9,5 |
| Piridoxina | 7,2 |
| Riboflavina | 5,8 |
| Tiamina | 5,2 |
| Vitamina E | 13,0-14,0 |

Fuentes: Hickling, 2001; Bell, 1995

Tabla 11. Rango en la composición mineral de la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico (base DM)

| Mineral | Comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico ¹ | | |
|----------------|---|--------|--------------|
| | Muestras | Media | Rango |
| Calcio | 589 | 0,74 | 0,49-0,99 |
| Fósforo | 597 | 1,12 | 0,94-1,29 |
| Magnesio | 556 | 0,53 | 0,39-0,68 |
| Potasio | 557 | 1,28 | 1,11-1,46 |
| Sodio | 557 | 0,06 | 0,00-0,31 |
| Azufre | 379 | 0,71 | 0,54-0,89 |
| Cloruro, % | 137 | 0,12 | 0-0,27 |
| Hierro, ppm | 553 | 243,02 | 56,85-429,19 |
| Zinc, ppm | 553 | 61,25 | 10,53-111,96 |
| Cobre, ppm | 553 | 5,92 | 0-24,24 |
| Manganeso, ppm | 553 | 64,06 | 15,25-112,86 |
| Molibdeno, ppm | 553 | 0,93 | 0,31-1,55 |

Fuente: Dairy One Cooperative Inc.

¹ Comida de canola, seca, años acumulados de cultivos: 01/05/2000 a 30/04/2010

49. La composición de aminoácidos y los intervalos sobre todas las localizaciones geográficas de semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúxico se incluyen en la Tabla 12. La composición de aminoácidos de la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico se compara generalmente muy bien con la de la comida de soja. La comida de soja tiene mayor contenido en lisina y la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico contiene más aminoácidos que contienen azufre, metionina y cistina.

Tabla 12. Media y/o rango de la composición de aminoácidos de semillas y semillas de colza con bajo contenido de ácido erúxico (% de la base de DM)

| Aminoácidos | Fickler 2005 | | | | Bell <i>et al.</i> 1998 | | | Newkirk <i>et al.</i> 2003 | | CCC 2009 |
|------------------------|--|-----------|---|-----------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|---|
| | Semilla de colza con bajo contenido de ácido erúxico | | Comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico | | <i>Comida B. napus</i> | <i>Comida B. rapa</i> | <i>Comida B. Juncea</i> | NTCM ¹ | TCM ² | Comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico |
| | Media | Rango | Media | Rango | Media | Media | Media | Media | Media | Media |
| Alanina | 0,86 | 0,71-1,09 | 1,54 | 1,19-1,81 | 1,70 | 1,75 | 1,88 | 1,74 | 1,71 | 1,57 |
| Arginina | 1,19 | 0,93-1,55 | 2,07 | 1,37-2,65 | 2,15 | 2,13 | 2,53 | 2,34 | 2,59 | 2,08 |
| Aspartato + asparagina | - | - | - | - | | | | 2,90 | 2,83 | 2,61 |
| Ácido aspártico | 1,48 | 1,20-2,03 | 2,50 | 1,96-3,47 | 2,68 | 2,73 | 3,02 | - | - | - |
| Cistina | 0,46 | 0,32-0,52 | 0,85 | 0,58-1,13 | 0,97 | 0,83 | 0,90 | 0,92 | 0,93 | 0,86 |
| Glutamato + glutamina | - | - | - | - | | | | 6,45 | 7,13 | 6,53 |
| Ácido glutámico | 3,23 | 3,23-4,35 | 6,11 | 4,22-7,60 | 5,92 | 5,60 | 6,02 | - | - | - |
| Glicina | 0,99 | 0,82-1,29 | 1,78 | 1,36-2,07 | 1,92 | 1,87 | 2,00 | 1,95 | 1,92 | 1,77 |
| Histidina | 0,53 | 0,41-0,68 | 0,96 | 0,65-1,25 | 1,03 | 1,01 | 1,12 | 1,24 | 1,21 | 1,12 |
| Isoleucina | 0,76 | 0,62-1,02 | 1,38 | 1,02-1,62 | 1,03 | 1,18 | 1,28 | 1,73 | 1,69 | 1,56 |
| Leucina | 1,34 | 1,07-1,77 | 2,46 | 1,80-2,84 | 2,47 | 2,50 | 2,69 | 2,80 | 2,76 | 2,54 |
| Lisina | 1,14 | 0,96-1,50 | 1,76 | 1,13-2,36 | 2,03 | 2,05 | 2,08 | 2,35 | 2,16 | 2,00 |
| Metionina | 0,38 | 0,27-0,52 | 0,69 | 0,50-0,84 | 0,79 | 0,76 | 0,75 | 0,77 | 0,81 | 0,74 |
| Metionina + cistina | 0,84 | 0,64-1,19 | 1,56 | 1,11-1,97 | | | | - | - | 1,60 |
| Fenilalanina | 0,79 | 0,64-1,07 | 1,42 | 1,06-1,70 | 1,72 | 1,66 | 1,77 | 1,53 | 1,50 | 1,38 |
| Prolina | 1,13 | 0,85-1,53 | 2,16 | 1,43-3,19 | 2,59 | 2,43 | 2,66 | 2,39 | 2,34 | 2,15 |
| Serina | 0,83 | 0,69-1,12 | 1,49 | 1,16-1,87 | 1,99 | 1,95 | 2,05 | 1,59 | 1,57 | 1,44 |
| Treonina | 0,86 | 0,74-1,17 | 1,51 | 1,12-1,67 | 1,40 | 1,49 | 1,54 | 1,74 | 1,71 | 1,58 |
| Triptófano | 0,27 | 0,20-0,37 | 0,48 | 0,35-0,58 | 0,29 | 0,41 | 0,23 | - | - | 0,48 |
| Tirosina | - | - | - | - | 1,14 | 1,07 | 1,14 | - | - | 1,16 |
| Valina | 0,99 | 0,80-1,33 | 1,77 | 1,33-2,09 | 1,33 | 1,49 | 1,57 | 2,18 | 2,1b | 1,97 |

¹ NTCM = Comida de canola sin tostar

² TCM = Comida de canola tostada

SECCIÓN III - OTROS CONSTITUYENTES

A. Antinutrientes y contaminantes

50. Los glucosinolatos se consideran factores antinutricionales en la comida de colza con bajo contenido de ácido erúico. Por sí solos son inocuos, pero cuando las células de la semilla se rompen, los glucosinolatos entran en contacto con la mirosinasa. La enzima mirosinasa hidroliza los glucosinolatos que liberan azufre, glucosa e isotiocianatos. Los isotiocianatos son goitrogénicos, reduciendo la capacidad de la tiroides para absorber el yodo (Downey, 2007). Estos metabolitos de glucosinolatos pueden afectar el rendimiento animal y pueden ser tóxicos para el hígado y los riñones (Tripathi y Mishra, 2007). El calentamiento durante el procesamiento de la comida elimina la mayor parte de la mirosinasa, pero no es completamente eficaz para eliminar los efectos de los glucosinolatos debido a que algunas microflora intestinal también produce mirosinasa (Tripathi y Mishra, 2007). Los isotiocianatos son compuestos amargos, y también pueden reducir la palatabilidad. Los niveles medios de glucosinolatos en semillas y comidas se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Niveles medios de glucosinolatos de semillas y comidas de colza con bajo contenido de ácido erúico ($\mu\text{mol/g}$)

| Contaminante | Newkirk <i>et al.</i> 2003 | | Bell 1995 | | Bell <i>et al.</i> 1998 | | |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------|--------|-------------------------|----------------|------------------|
| | NTCM ¹ | TCM ² | semilla | comida | Comida B. napus | Comida B. rapa | Comida B. juncea |
| <i>Total de glucosinolatos</i> | 26,0 | 31,0 | 38,42 | 21,06 | | | |
| 3-butenilo | 3,40 | 1,94 | 7,44 | 4,97 | 3,2 | 3,4 | 22,6 |
| 4-pentenilo | 0,67 | 0,38 | 2,55 | 1,67 | 0,4 | 2,6 | 1,7 |
| 2-hidroxi-3- butenilo | 6,28 | 3,64 | 13,44 | 8,82 | 7,4 | 6,7 | 3,5 |
| 2-hidroxi-4-pentenilo | 0,2 | 0,2 | 0,99 | 0,74 | 0,1 | 1,0 | 0,1 |
| 3-indolilmetilo | 0,58 | 0,22 | 0,63 | 0,38 | 1,1 | 0,2 | 0,1 |
| 4-hidroxi-3-indoilmetilo | 4,20 | 0,78 | 13,37 | 4,48 | 9,2 | 4,2 | 4,0 |
| <i>Glucosinolatos contaminantes</i> | | | | | | | |
| 2-propenilo (alilo) | 0,52 | 0,37 | 1,41 | 1,05 | - | 0,2 | 0,3 |
| 4-hidrocilbencilo | - | - | 2,31 | 2,25 | - | - | - |

¹ NTCM = Comida de canola sin tostar

² TCM = Comida de canola tostada

51. La colza con bajo contenido de ácido erúico contiene varios compuestos fenólicos. La sinapina es el éster de colina del ácido sinápico y es el principal compuesto fenólico que se encuentra en la colza con bajo contenido de ácido erúico. Se ha reportado que los niveles en la comida están en el rango de 0,7-1,1 % para las variedades de plantas norteamericanas y europeas (Kowslowska *et al.*, 1990), y 1,5 % en variedades australianas (Bonnardeaux, 2007). La sinapina se convierte en trimetilamina por la microflora intestinal que luego se absorbe. La mayoría de los animales tienen la capacidad de convertir la trimetilamina en óxido de trimetilamina, un compuesto fácilmente excretado. Sin embargo, algunos animales, en particular las gallinas ponedoras, no pueden catabolizar fácilmente la trimetilamina, dando como resultado niveles más altos de lo normal en los tejidos y huevos, dando un olor y sabor a pescado.

52. Los taninos son compuestos fenólicos más complejos que pueden unir proteínas y algunos carbohidratos complejos y pueden reducir la digestibilidad. Los niveles en colza con bajo contenido de ácido erúxico son típicamente 1-3 % (Kozłowska *et al.*, 1990). Algunos métodos analíticos incluyen los fenoles más simples, como la sinapina, y por lo tanto pueden sobrestimar las cantidades de taninos (Kozłowska *et al.*, 1990).

53. El ácido fítico (conocido como hexacisfosfato de inositol (IP6), o fitato cuando está en forma de sal) es la principal forma de almacenamiento de fósforo en muchos tejidos vegetales. Debido a las capacidades de fijación de ácido fítico, la biodisponibilidad de fósforo a partir de colza con bajo contenido de ácido erúxico está menos disponible para animales monogástricos porque carecen de la enzima digestiva, fitasa, necesaria para separar el fósforo de la molécula de fitato. El ácido fítico también tiene una fuerte afinidad de unión a minerales importantes como el calcio, magnesio, hierro y zinc, reduciendo así la absorción de estos minerales.

54. Los niveles de antinutrientes en comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico como porcentaje de comida sin aceite se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Antinutrientes de comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico (% de comida sin aceite)

| Antinutrientes | Bell 1995 | CCC 2009 | Kozłowska <i>et al.</i> , 1990 | Bonnadeaux 2007 |
|----------------|-----------|----------|--------------------------------|-----------------|
| Taninos | 1,5 | 1,5 | 1-3 | |
| Sinapina | 0,7-3,0 | 1,0 | 0,7-1,1 | 1,5 |
| Ácido fítico | 2,0-5,0 | 3,3 | | |

B. Alergénicos

55. Existen varios estudios publicados que reportan sensibilidad y alergenicidad de adultos a la especie *Brassica*, sin embargo, la mayoría describen casos raros de síntomas respiratorios debido a la exposición ocupacional (Trinilla, 2010), o residencia en proximidad a áreas de intenso cultivo de canola (Suh, 1998; Alvarez, 2001). La discusión de la exposición ocupacional está fuera del alcance de este documento. También se han publicado estudios que investigan el potencial de *B. rapa* y *B. napus* de ser alergénicos alimentarios en los niños. En un informe, 1887 niños que presentaron principalmente dermatitis atópica (un síntoma frecuentemente asociado con la alergia alimentaria) fueron examinados para determinar sensibilidad a *Brassica* en una prueba cutánea, de los cuales 206 (10,9 %) resultaron positivos (Poikonen *et al.*, 2006). La reacción alérgica se confirmó en el 89 % de estos casos por ensayo oral (hisopo de labios e ingestión) con semillas trituradas de *B. rapa* (*ibid.*). También se observó que la sensibilización a la canola en niños está asociada con múltiples alergias a otros alimentos y polen (Poikonen *et al.*, 2008), y los pacientes monosensibles son muy raros. Algunos estudios paralelos identificaron los principales antígenos reactivos a IgE en semillas (Puumalainen *et al.*, 2006) y caracterizaron la potencial reactividad cruzada con las plantas de mostaza relacionadas, que son alergénicos alimentarios conocidos (Poikonen *et al.*, 2009). Debido a que la proteína está en niveles muy bajos o ausente en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico, es probable que la importancia de los resultados de estos estudios de alergenicidad para determinar la seguridad del consumo de aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico por la población general sea baja (Gylling, 2006). La alergia alimentaria al aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico no ha sido reportada en la literatura científica.

SECCIÓN IV - CONSTITUYENTES SUGERIDOS A ANALIZAR RELACIONADOS CON EL USO DE ALIMENTOS

A. Aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcico

56. A nivel mundial, el aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcico tiene el potencial de ayudar a los consumidores a alcanzar los objetivos dietéticos porque tiene la menor concentración de ácidos grasos saturados (7 % de los ácidos grasos totales) de todos los aceites consumidos a nivel mundial.

57. La reducción exitosa en el contenido de ácido erúcico ha llevado a un interés continuo en las modificaciones de la composición del aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcico. La mutagénesis subsiguiente de la colza con bajo contenido de ácido erúcico condujo al desarrollo de aceite de semilla de colza con bajo contenido de ácido erúcico con un contenido de ácido linolénico reducido de aproximadamente 10 % a menos de 3 %. Aunque se desean niveles elevados de ácido linolénico desde un punto de vista nutricional, son indeseables en términos de estabilidad química. Altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados conducen a una rancidez oxidativa, una reducción en la vida útil del aceite y el desarrollo de aromas y olores desagradables después de un almacenamiento prolongado o de un uso repetido de la fritura (Przybylski *et al.*, 2005). La reducción del nivel de ácido linolénico también reduce la necesidad de hidrogenación parcial de los aceites comestibles utilizados en la forma líquida.

58. Otros desarrollos recientes en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcico incluyen la aplicación de mutagénesis para producir altos niveles de ácido oleico (*es decir* de 60 % a 75 % de contenido de ácidos grasos totales). El cultivo productor de alto ácido oleico resultante se cruzó a continuación con cultivos con bajo contenido de linolénico para crear líneas oleicas/linolénicas altas. Los aceites con alto contenido en ácido oleico se asemejan más a la composición de ácidos grasos del aceite de oliva que a la colza tradicional con bajo contenido en ácido erúcico. La tecnología de ADN recombinante se ha aplicado para aumentar los niveles de ácido láurico (39 %) y mirístico (14 %) en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcico. Estos aceites han sido desarrollados para su uso en revestimientos de confitería, blanqueadores de café, coberturas batidas y grasas de relleno central. El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúcico con niveles de ácido esteárico de hasta 40 % se está desarrollando como reemplazos para grasas hidrogenadas en productos horneados. También se han desarrollado aceites con niveles de ácido palmítico de aproximadamente 10 % que dan como resultado una cristalización mejorada en productos de margarina y se comercializan en América del Norte, Europa y Asia. Estos aceites también se han desarrollado mediante el uso de tecnología de ADN recombinante (Przybylski *et al.*, 2005).

B. Recomendación de componentes clave a analizar

59. Para la nutrición humana, es importante evaluar la composición de ácidos grasos, y el contenido de vitamina E y vitamina K₁ en el aceite. Los constituyentes a analizar se sugieren en la Tabla 15. Debido a que la comida de colza con bajo contenido de ácido erúcico se puede usar en la producción de aislados de proteína, los nutrientes clave en la fracción de proteína incluirían la composición de proteínas y aminoácidos, los cuales podrían analizarse tanto en semilla como en la comida. Debido a que hay varios procesos diferentes que se pueden utilizar para producir aislados de proteína de canola (Tan *et al.*, 2011), el análisis de la composición de

la semilla o de la comida puede ser de mayor utilidad que el análisis de composición de aislamientos individuales de proteína específicos.

60. El perfil completo de ácidos grasos (incluido C6: 0 a C24: 0) debe cuantificarse en aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico con el fin de comparar la composición de una semilla de colza modificada con bajo contenido de ácido erúxico y comparadores apropiados (*p.ej.* variedades comerciales de colza con bajo contenido de ácido erúxico).

Tabla 15. Componentes sugeridos para ser analizados en colza con bajo contenido de ácido erúxico para alimentos para humanos

| Constituyente | Semilla o comida | Aceite |
|-----------------------------|------------------|--------|
| Proteína cruda ¹ | X | |
| Grasa cruda ¹ | X | |
| Ceniza ¹ | X | |
| Aminoácidos | X | |
| Ácidos grasos ² | X | X |
| Vitamina K ₁ | X | X |
| Vitamina E ² | X | X |
| Glucosinolatos | X | |
| Taninos | X | |
| Sinapina | X | |
| Ácido fítico | X | |

¹ Estos componentes deben ser medidos usando un método adecuado para la medición de proximatós.

² La medición de este componente puede realizarse en semillas y/o aceite.

SECCIÓN V - CONSTITUYENTES SUGERIDOS A ANALIZAR RELACIONADOS CON EL USO DE ALIMENTOS

A. Colza con bajo contenido de ácido erúxico para pienso

61. La colza con bajo contenido de ácido erúxico se utiliza como fuente de proteínas para todas las clases de ganado, aves y peces. El contenido de proteína de la comida es menor que el encontrado en las comidas de otras semillas oleaginosas tales como girasol o soja, porque el casco de la semilla de colza con bajo contenido de ácido erúxico típicamente no se elimina. En consecuencia, el contenido de fibra es mayor que en otras comidas oleaginosas. El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico se utiliza con frecuencia para aumentar la densidad energética de las dietas, y para mejorar la palatabilidad reduciendo el polvo. El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico se utilizaría en 3-10 % de la ración total, dependiendo de la especie animal.

62. La comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico a menudo se mezcla con otras fuentes de proteína en los esquemas de equilibrio de la ración de pienso. La comida se reconoce como una excelente fuente de metionina y cistina, pero contiene menos lisina que la comida de soja. La digestibilidad de los aminoácidos de la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico por cerdos y aves de corral tiende a estar en el rango de 75-85 %, aproximadamente 10 % menor que la comida de soja (Hickling, 2001).

63. Los métodos de procesamiento en países como Canadá son razonablemente estándar (Hickling, 2005), y hay poca variación en la cantidad de aceite en la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico. Sin embargo, esto puede ser más variable en algunas partes del mundo (Van Barneveld y Ed-King, 2002) y los niveles de aceite más altos diluyen las cantidades de otros nutrientes en el producto final. También puede haber diferencias varietales y ambientales en el contenido de proteínas de las semillas. Por lo tanto, es aconsejable analizar de forma rutinaria la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico para la grasa y la proteína bruta.

64. En la mayoría de los países se establece un nivel máximo de fibra en forma de fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) para los productos terminados de pienso. La comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico puede contribuir significativamente a la fibrosidad de los piensos, en particular para los no rumiantes, y puede ser el factor limitante de la tasa de inclusión en las dietas. Los análisis de fibra pueden ser necesarios si los niveles deben cumplir con una garantía.

65. La composición mineral y vitamínica de la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico es comparable a la composición mineral de otras semillas oleaginosas. Los minerales y las vitaminas se añaden a menudo a las dietas del ganado en cantidades comunes como premezclas o mezclas de la base, que reduce el énfasis de minerales y las vitaminas en la comida. Una excepción es el fósforo. El fósforo en la comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico está disponible sólo en alrededor del 30-50 %, debido a la presencia de ácido fítico.

B. Recomendación de los principales nutrientes y antinutrientes a analizar

66. Generalmente, los nutricionistas de los animales utilizan los análisis proximales y de fibra (fibra detergente ácida y fibra detergente neutra) para evaluar los ingredientes de los piensos y para formular raciones de menor costo para el ganado, las aves de corral y los peces. La proteína, la grasa y la fibra son los indicadores clave de la calidad de la alimentación del ganado. Los aminoácidos y la digestibilidad también deben ser considerados cuando se formulan raciones basadas en comida de colza con bajo contenido de ácido erúxico. El perfil de aminoácidos es un indicador clave de la calidad de la proteína. Además, es aconsejable proporcionar resultados analíticos para calcio y fósforo, como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Componentes sugeridos para ser analizados en la colza con bajo contenido de ácido erúxico para uso en piensos

| Constituyente | Semilla o comida | Aceite |
|-----------------------------|------------------|--------|
| Proteína cruda ¹ | X | |
| Grasa cruda ¹ | X | |
| Ceniza ¹ | X | |
| Aminoácidos | X | |
| Ácidos grasos ² | X | X |
| Fibra detergente ácida | X | |
| Fibra detergente neutra, % | X | |
| Calcio | X | |
| Fósforo | X | |
| Taninos | X | |
| Glucosinolatos | X | |
| Sinapina | X | |
| Ácido fítico | X | |

¹ Estos componentes deben ser medidos usando un método adecuado para la medición de proximatos.

² La medición de este componente puede realizarse en semillas y/o aceite.

SECCIÓN VI - REFERENCIAS

- Agriculture and Agri-Food Canada (2006), *Canola Oils: Situation and Outlook, Vol. 19, N.º 17*, boletín bisemanal en línea en [http://www.agr.gc.ca/mad-dam/index_e.php?s1=pubs&s2=bi&s3=php&page= boletín 19 17 2006-11-30](http://www.agr.gc.ca/mad-dam/index_e.php?s1=pubs&s2=bi&s3=php&page=boletín%2019%2017%202006-11-30) (consultado el 4 de abril de 2008).
- Agriculture and Agri-Food Canada (2008), *Quality of Western Canadian Canola: 2007*, Comisión Canadiense de Granos, disponible en línea en <http://www.grainscanada.gc.ca/canola/harvest-recolte/2007/canola-2007-eng.pdf> (consultado el 1 de abril de 2010).
- Agriculture and Agri-Food Canada (2009), *Quality of Western Canadian Canola: 2008*, Comisión Canadiense de Granos, disponible en línea en <http://www.grainscanada.gc.ca/canola/harvest-recolte/2008/canola-2008-eng.pdf> (consultado el 1 de abril de 2010).
- Agriculture and Agri-Food Canada (2010), *Quality of Western Canadian Canola: 2009*, Comisión Canadiense de Granos, disponible en línea en <http://www.grainscanada.gc.ca/canola/harvest-recolte/2009/hqc09-qrc09-eng.pdf> (consultado el 1 de abril de 2010).
- Alvarez, MJ, JL Estrada, F. Gonzalo, F. Fernandez-Rojo and D. Barber (2001), "Oilseed Rape Flour: Another Allergen causing Occupational Asthma among Farmers", *Allergy Vol. 56*, págs. 185-188.
- Bell, J.M. (1995), "Meal and By-product Utilization in Animal Nutrition", *Brassica Oilseeds*, D. Kimber and D.I. McGregor CAB International 1995, Reino Unido.
- Bell, J.M., R.T. Tyler and G. Rakow (1998), "Nutritional Composition and Digestibility by 80 kg to 100 kg Pig of Prepress Solvent-extracted Meals from Low glucosinolate *B. juncea*, *B napus* and *B rapa* Seed and of Solvent-extracted Soybean Meal", *Can. J. Anim. Sci. Vol. 78*, págs. 199-203.
- Bonnardeaux, J. (2007), *Uses for Canola Meal*, Departamento de Agricultura y Alimentos, Gobierno de Australia Occidental.
- Bolton-Smith, C., R.J.G. Price, S.T. Fenton, D.J. Harrington y M.J. Shearer (2000), "Compilation of a Provisional UK Database for the Phylloquinone (Vitamin K₁) Content of Food", *British J. Nutr. Vol. 83*, págs. 389-399.
- Boulter G.S. (1983), "The History and Marketing of Rapeseed Oil in Canada", *High and Low Erucic Acid Rapeseed Oils, Production, Usage, Chemistry, and Toxicological Evaluation, Capítulo 3*, J.K.G. Kramer, F.D. Sauer y W.J. Pidgen. Eds. Academic Press.
- Base de Datos Canadiense de Patentes (2011), Oficina Canadiense de Propiedad Intelectual, http://brevets-patents.ic.gc.ca/opic-Cipo/cpd/eng/patente/2553640/summary.html?Type=number_search (consultado el 20 de febrero de 2011).
- Sitio web de CCC (Consejo de Canola de Canadá) <http://www.canola.org>, incluye el esquema de preparación del proceso de extracción de solvente <http://www.canola-council.org/meal3.aspx> (consultado en octubre de 2011)
- CCC (2009), *Canola Meal: Feed Industry Guide, 4.º edición*, disponible en línea en [http://www.canolacouncil.org/uploads/feedguide/Canola Guide ENGLISH 2009 small.pdf](http://www.canolacouncil.org/uploads/feedguide/Canola%20Guide%20ENGLISH%202009%20small.pdf) (consultado el 16 de abril de 2010).

- Comisión del Codex Alimentarius (2003, Anexos II y III adoptados en 2008), *Guideline for the Conduct of Food Safety Assessment of Foods Derived from Recombinant DNA Plants - CAC/GL 45/2003*, disponible en línea en www.codexalimentarius.net/download/standards/10021/CXG_045e.pdf (consultado en octubre de 2011).
- Comisión del Codex Alimentarius (2005), "Codex Standard for Named Vegetable Oils, Vol. 8", *Codex Standard Series No. 210-2005*, Rome.
- Cook, K.K., G.V. Mitchell, E. Grundel and J.I. Rader (1999), "HPLC Analysis for Trans-vitamin K₁ and Dihydro-vitamin K₁ in Margarines and Margarine-like Products using the C30 Stationary Phase", *Food Chem. Vol. 67*, págs. 79-88.
- Dairy One Cooperative Inc. Feed Composition Library, *Años de cultivo acumulados: 01/05/2000 a 30/04/2010*, disponible en línea en <http://www.dairyone.com/Forage/FeedComp/mainlibrary.asp> (consultado en febrero de 2011).
- Daun, J.K. and D. Adolphe (1997), "A Revision to the Canola Definition", *GCIRC Bulletin julio de 1997*, págs. 134-141.
- Downey, R.K. (2007), "Rapeseed to Canola: Rags to Riches", *Economic Growth through new Products, Partnerships and Workforce Development*, A. Eaglehan y R.W.F. Hardy, Eds. Consejo Nacional de Biotecnología Agrícola, Ithaca, Nueva York.
- Endo, Y., C.T. Thorsteinson y J.K. Daun (1992), "Characterization of Chlorophyll Pigments Present in Canola Seed", *Meal and Oil. J. Am. Oil Chem. Soc. Vol. 69*, págs. 564-568.
- FAO y OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Organización Mundial de la Salud) (2002), *Human Vitamin and Mineral Requirements - Capítulo 10, Vitamina K*, Informe de una consulta mixta de expertos de la FAO/OMS, Bangkok, Tailandia, FAO y OMS, Roma.
- FAOSTAT, sitio web de estadísticas de la FAO en línea, <http://faostat.fao.org/>, (consultado en febrero de 2011).
- Ferland, G. y J.A. Sadowski (1992), "Vitamin K₁ (Phylloquinone) Content of Edible Oils: Effects of Heating and Light Exposure", *J. Agric. Food Chem. Vol. 40*, págs. 1869-1873.
- Fickler, J. (2005), *Amino Dat 3.0 Platinum*, Copyright Degussa AG Feed Additives (utilizado con permiso).
- Gao, Z.H. and R.G. Ackman (1995), "Determination of Vitamin K₁ in Canola Oils by High Performance Liquid Chromatography with Menaquinone-4 as an Internal Standard", *Food Research International Vol. 28*, págs. 61-69.
- Sitio web de GMO Compass, http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/257_global_gm_planting_2008.html (consultado en octubre de 2011).
- GRAS Notice Inventory, Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE. UU. (FDA), *GRN No. 327 Cruciferin-rich canola/ rapeseed protein isolate and napin-rich canola/rapeseed protein* (Fecha de presentación: 9 de marzo de 2010), disponible en línea en <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=grasListing&id=327>
- Gunstone, F.D. (2005), "Vegetable Oils", *Bailey's Industrial Oil & Fat Products, Vol. 1: Edible Oil and Fat Products: General Applications*, 6.ª Edición, F. Shahidi, F. Ed. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York.
- Gylling, H. (2006), "Rapeseed oil does not cause allergic reactions", *Allergy Vol. 61*, pág. 895.
- Hickling, D. (2001), *Canola Meal Feed Industry Guide*, 3.ª Edición, Canadian International Grain Institute.
- Hickling, D. (2005), "Canola Quality Review", *Resultados de la Convención Anual de 2005 del Consejo de Canola de Canadá*, Winnipeg, Manitoba.

- James, C. (2011), "Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010", *ISAAA Brief42-2010: Resumen ejecutivo*, disponible en línea en <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/42/executivesummary/default.asp> (consultado en junio de 2011).
- Kamao, M., Y. Uhara, N. Tsugawa, M. Uwano, N. Yamaguchi, K. Uenishi, H. Ishida, S. Sasaki y T. Okano (2007), Vitamin K Content of Foods and Dietary Vitamin K Intake in Japanese Young Women, *J. Nutr. Sci. Vitaminol* Vol. 53, págs. 464-470.
- Kozłowska, H., M. Narzk, F. Shahidi y R. Zaderowski (1990), "Phenolic Acids and Tannins in Rapeseed and Canola", *Canola and Rapeseed: Production, Chemistry, Nutrition and Processing Technology*, F. Shahidi, Ed. Springer, Nueva York.
- Love, H. K.G. Rakow, J.P. Raney and R.K. Downey (1990), "Development of Low Glucosinolate Mustard", *Can. J. Planta. Sci. Vol. 70*, págs. 419-424.
- Miller-Cebert, R.L., N.A. Sistani and E. Cebert (2009), "Panelists Liking of Canola (*Brassica napus*) Greens", *Nutrition and Food Science Vol. 39, N.º 6*, pág. 627-635.
- Malcolmson, L. y M. Vaisey-Genser (2001), *Canola Oil, Properties and Performance*, Consejo de Canola de Canadá, Winnipeg, Manitoba.
- MCGA (Asociación de Productores de Canola de Manitoba) (2008), *Canola: Canada's Oil*, disponible en línea en http://www.mcgacanola.org/documents/Canola_Glossy.pdf (consultado el 16 de abril de 2010).
- McAllister, T.A., K. Stanford, G.L. Wallins, M.T.J. Reaney and K.J. Cheng (1999), "Feeding Value for Lambs of Rapeseed Meal arising from Biodiesel Production", *Animal Science Vol. 68*, págs. 183-194.
- Newkirk, R.W., H.L. Classen y R.T. Tyler (1997), "Nutritional Evaluation of Low Glucosinolate Mustard Meals (*Brassica juncea*) in Broiler Diets", *Poultry Science Vol. 76*, págs. 1272-1277.
- Newkirk, R.W. and H.L. Classen (2000), "The Effects of Standard Oil Extraction and Processing on the Nutritional Value of Canola Meal for Broiler Chickens", *Poultry Science Vol. 79 (Supl. 1)*, pág. 10.
- Newkirk, R.W., H.L. Classen, T.A. Scott y M.J. Edney (2003), "The digestibility and Content of Amino Acids in Toasted and Non-toasted Canola Meals", *Can. J. Anim. Sci. Vol. 83*, págs. 131-139.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) (1997), "Consensus Document on the Biology of *Brassica napus* L. (Oilseed rape)", *Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology N.º 7*, Dirección de Medioambiente de la OCDE, París.
- Piironen, V., T. Kolvu, O. Tammissalo y P. Mattila (1997), Determination of Phylloquinone in Oils, Margarines and Butter by High-performance Liquid Chromatography with Electrochemical Detection, *Food Chemistry Vol. 59*, pág. 473-480.
- Poikonen S., T.J. Puumalainen, H. Kautiainen, P. Burri, T. Palosuo, T. Reunala y K. Turjanmaa1 (2006), "Turnip Rape and Oilseed Rape are New Potential Food Allergens in Children with Atopic Dermatitis", *Allergy Vol. 61*, págs. 124-127.
- Poikonen, S., T.J. Puumalainen, H. Kautiainen, T. Palosuo, T. Reunala y K. Turjanmaa1 (2008), "Sensitization to Turnip Rape and Oilseed Rape in Children with Atopic Dermatitis: a Case-control Study", *Pediatr, Allergy Immunol. Vol. 19*, págs. 408-411.
- Poikonen, S., F. Rance, T.J. Puumalainen, G. Le Manach, T. Reunala y K. Turjanmaa1 (2009), "Sensitization and Allergy to Turnip Rape: a Comparison between the Finnish and French Children with Atopic Dermatitis", *Acta Paediatrica Vol. 98*, págs. 310-315.

- Potts, D.A., G.W. Rakow and D.R. Males (1999), "Canola-quality *Brassica juncea*, a New Oilseed Crop for the Canadian Prairies", *Resultados del 10.º Congreso Internacional sobre Canola* (N. Wratten y P.A. Salisbury, eds), Canberra Australia, disponible en línea en <http://www.regional.org.au/au/gcisc/4/70.htm> (consultado en abril de 2010).
- Puumalainen T.J, S. Poikonen, A. Kotovuori, K. Vaali, N. Kalkkinen, T. Reunala, K. Turjanmaa y T. Palosuo (2006), "Napins, 2S Albumins, are Major Allergens in Oilseed Rape and Turnip Rape", *J. Allergy Clin. Immunol. Vol 117*, 426-432.
- Pritchard, F.M., H.A. Eagles, R.M. Norton, P.A. Salisbury and M. Nicolas (2000), "Environmental Effects on Seed Composition of Victorian Canola", *Australian Journal of Experimental Agriculture Vol. 40*, págs. 679-685.
- Przybylski, R., T. Mag, N.A.M Eskin y B.E. McDonald (2005), "Canola Oil", *Bailey's Industrial Oil & Fat Products*", Vol. 2: "Edible Oil & Fat Products: Oils and Oil Seeds, 6.º Edición, F. Shahidi, ed. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York.
- Racz, V. y D.A. Christensen (2004), *Whole Canola Seed Use and Value*, Prairie Feed Resource Centre. Saskatoon, Saskatchewan.
- Seberry, D.E., R.J. Mailer y P.A. Parker (2007), "Quality of Australian Canola: 2006", *Federación Australiana de Semillas Oleaginosas, Volumen N.º 13*, disponible en http://www.australianoilseeds.com/data/assets/pdf/file/0004/2785/2006_Book.pdf, (consultado en abril de 2010).
- Seberry, D.E., R.J. Mailer y P.A. Parker (2008), "Quality of Australian Canola: 2007", *Federación Australiana de Semillas Oleaginosas, Volumen N.º 14*, disponible en http://www.australianoilseeds.com/data/assets/pdf/file/0003/4197/2007_Book.pdf, (consultado en abril de 2010).
- Seberry, D.E., R.J. Mailer y P.A. Parker (2009), "Quality of Australian Canola: 2008", *Federación Australiana de Semillas Oleaginosas, Volumen N.º 15*, disponible en http://www.australianoilseeds.com/data/assets/pdf/file/0008/5849/2008_Quality_of_Australian_Canola_Book.pdf, (consultado en abril de 2010).
- Simbaya, J., B.A. Slominski, G. Rakow, L.D. Campbell, R.K. Downey y J.M. Bell (1995), "Quality Characteristics of Yellow-seeded *Brassica* Seed Meals: Protein, Carbohydrates, and Dietary Fiber Components", *J. Agric. Food Chem. Vol. 43*, págs. 2062-2066.
- Shearer M., A. Bach and L. Kohlmeier (1996), "Chemistry, Nutritional Sources, Tissue Distribution and Metabolism of Vitamin K with Special Reference to Bone Health", *J. Nutr. Vol. 126*, 1181S - 1186S.
- Suh, C.H., H.S. Park, D.H. Nahm y H.Y. Kim (1998), "Oilseed Rape Allergy presented as Occupational Asthma in the Grain Industry", *Clin Exp Allergy Vol. 28*, págs. 1159-1163.
- Tan, S. H., R.J. Mailer, C.L. Blanchard y S.O. Agboola (2011), "Canola Proteins for Human Consumption: Extraction, Profile, and Functional Properties", *Journal of Food Science, Vol. 76*: R16-R28. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01930.x
- Trinidad, A., S. Kumar, M. Haji, M. Shakeel and P. Leong (2010), "The Prevalence of Oilseed Rape Hypersensitivity in a Mixed Cereal Farming Population", *Clin. Otolaryngol. Vol. 35*, págs. 13-17.
- Tripathi, M.K y A.S. Mishra (2007), "Glucosinolates in Animal Nutrition: a Review", *Animal Feed Sci. Technol. Vol. 132*, págs. 1-27.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), Servicio Agrícola Exterior, *Semillas oleaginosas: Mercados Mundiales y Comercio Circular Mensual*, sitio web <http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/current.asp> (consultado en octubre de 2011).

- USDA-ARS (Servicio de Investigación Agrícola) (2011), *Base de Datos de la USDA de Nutrientes para Referencia Estándar, Versión 23*, página de inicio del Laboratorio de Datos de Nutrientes, USDA, Washington D.C., sitio web <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964> (consultado en octubre de 2011).
- Unger, E.H. (1990), "Commercial Processing of Canola and Rapeseed: Crushing and Oil Extraction", *Canola and Rapeseed: Production, Chemistry, Nutrition, and Processing Technology*, F. Shahidi (ed.). Nueva York, NY: Van Nostrand Reinhold. 1990. Ch. 14, págs. 235-249.
- Van Barneveld, R. and R. Ed-King (2002), *Australian Canola Meal - a Valuable Component of Pig Feed*, Australian Pork Limited (APL) Technical Note.
- Youngs, C.G. y L.R. Wetter (1969), "Processing of Rapeseed for High Quality Meal. Rapeseed Meal for Livestock and Poultry", *Asociación de Colza de Canadá Publ. Número 3*, págs. 2-3.