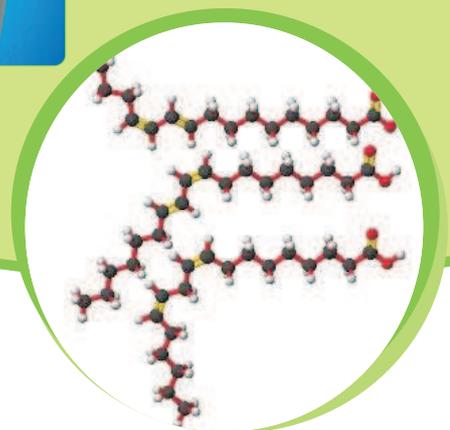


Yogurt Funcional alto CLA



UNIVERSIDAD
FASTA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
LICENCIATURA EN NUTRICIÓN



Autor: Elisa Massa Grilli

Tutora: Ivonne Corti, Licenciada en Nutrición

Co-Tutor: Gerardo Gagliostro, Ing.Agr.,Dr.

Departamento de Metodología de la Investigación.

“A veces sentimos que lo que hacemos es tan solo una gota en el mar,
pero el mar sería menos si le faltara una gota.”

Madre Teresa de Calcuta

El siguiente trabajo lo dedico
A mis padres Miriam y Alberto,
A mi hermano Leandro, mi abuela Celina
Y a mi novio Francisco.

- ✦ A mis padres, por su esfuerzo, contención y apoyo incondicional, por haberme dado la posibilidad de estudiar y por compartir conmigo la alegría de alcanzar este sueño.
- ✦ A mi hermano Leo, por su amor y por creer siempre en mí.
- ✦ A mi novio Fran, por la paciencia, las palabras de aliento y por haber sido siempre un gran compañero.
- ✦ A mi abuela, que donde quiera que se encuentre de seguro esta orgullosa de mí.
- ✦ A Melina, Ivan y Mary, por acompañarme siempre y sobre todo en esta última etapa.
- ✦ A mis amigas y futuras colegas, Belén, Anita, Paola, por compartir largas horas de estudio, por su buen humor, compañía y por brindarme su amistad.
- ✦ A mis amigas de toda la vida por su cariño y preocupación en todo momento.
- ✦ A la Licenciada Ivonne Corti por aceptar la dirección de mi tesis.
- ✦ Al Doctor Gerardo Gagliostro, mi cotutor, quien me guió y me brindó todos sus conocimientos.
- ✦ A Vivian Minaard del departamento de metodología por guiarme en la elaboración de este trabajo.
- ✦ A todos los que en algún momento de esta etapa estuvieron presentes.

Gracias Elisa!!!!

La presencia de compuestos bioactivos en la grasa láctea ha despertado gran interés ya que se le atribuyen efectos preventivos frente a enfermedades de alto impacto en la población. Se ha demostrado que los sistemas de alimentación basados en pastoreo incrementan la presencia de ácidos grasos poliinsaturados y específicamente del ácido linoleico conjugado, obteniéndose un alimento funcional que presenta propiedades beneficiosas sobre la salud.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el grado de aceptación y diferencia en cuanto a los caracteres organolépticos entre un yogurt elaborado con leche de vaca alto CLA y un yogurt control, y el nivel de información sobre el ácido linoleico conjugado, ácidos grasos trans, y alimentos funcionales, que tienen los alumnos que asisten a la Universidad F.A.S.T.A pertenecientes a las carreras de Licenciatura en Nutrición y Ciencias Médicas.

Se realiza un estudio de tipo exploratorio, descriptivo y de corte transversal, con una muestra de 120 personas. El procedimiento consiste en la entrega de una encuesta con una serie de preguntas, y a su vez la entrega de un yogurt alto CLA y un yogurt control, para que realicen la degustación, con el fin de valorar el grado de diferencia y aceptación.

Respecto a la aceptabilidad el 68% de la muestra responde que el yogurt funcional le gusta, siendo el sabor el carácter organoléptico con mayor grado de preferencia con un 70%.

En relación al grado de diferencia entre ambos productos, el 48% de los encuestados refieren que existe una diferencia pequeña, y que es la textura con el 75% el carácter organoléptico que determina la misma.

En cuanto al nivel de información sobre el ácido linoleico conjugado, solo el 41% de los encuestados lo conoce, pero sin poder reconocer efectivamente todas las propiedades, con los ácidos grasos trans ocurre una situación similar, ya que si bien el porcentaje que afirma conocerlo es del 87%, tampoco las fuentes de este grupo son conocidas en forma correcta, y por último del 52% que afirma conocer lo que son los alimentos funcionales, el 86% responde de manera correcta sobre su definición.

También se ha podido confirmar que una notoria mayoría comenzaría a consumir yogurt funcional alto CLA en reemplazo del yogurt tradicional.

Luego del análisis de datos se puede afirmar que el yogurt funcional alto CLA representa una opción favorable para ser incluida en la alimentación diaria.

Palabras claves: Ácido linoleico conjugado (CLA), grado de diferencia, grado de aceptación, nivel de información, yogurt control, yogurt funcional.

The presence of bioactive compounds in buttermilk has generated great interest due to the preventive effects it is held to have on high impact diseases. It has been proved that the presence of polyunsaturated fatty acids, and particularly, of conjugated linoleic acid (CLA), is increased by pasture based food systems, thus obtaining a functional food that provides health benefits.

The objective of this work is to evaluate both the level of acceptance and the level of difference between cow's milk yogurt with high levels of CLA and a yogurt made with control milk, regarding their organoleptic properties. Likewise, this work aims at assessing the level of information that FASTA University Nutrition and Medical Science students receive regarding conjugated linoleic acid, trans fatty acids, and functional food.

An exploratory, descriptive, and cross section study is carried out, with a sample comprising 120 people. The procedure consists of undertaking a survey which includes a series of questions, and giving each student one yogurt with high levels of CLA and one yogurt made with control milk for them to taste both, with the aim of estimating the student's levels of difference and acceptance.

Regarding the acceptance, 68% of the students answer that they like functional yogurt; being taste the organoleptic property with the highest level of preference.

With regard to the level of difference between both products, 48% of the students recognize a subtle difference between both yogurts; this being determined by texture, the organoleptic property representing a 75%.

Regarding the students' level of information about conjugated linoleic acid, only 41% of the sample group is familiar with CLA, but they hardly recognize all their properties. A similar situation occurs with trans fatty acids; 87% of the students declare to be familiar with them, but they do not recognize their properties correctly. Finally, 86% of the total 52% that affirm to be familiar with functional food can provide a precise definition.

It has also been confirmed that a vast majority of the students would start replacing regular yogurt with functional yogurt with high levels of CLA.

After analyzing the information, it can be affirmed that functional yogurt with high levels of CLA represents a favorable option to be included in our daily diet.

Key words: conjugated linoleic acid (CLA), level of difference, level of acceptance, level of information, yogurt used as controlled variable, functional yogurt.

Introducción.....	2
Capítulo I:	
“Alimentos Funcionales”.....	8
Capítulo II:	
“Propiedades del Ácido Linoleico Conjugado”.....	21
Capítulo III:	
“Obtención de leche funcional alto CLA”.....	47
Diseño Metodológico.....	69
Análisis de datos.....	82
Conclusiones.....	101
Bibliografía.....	106
Anexo.....	112

Un alimento funcional es aquel que contiene, un componente nutriente o no nutriente, con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, con un efecto adicional por encima de su valor nutricional y cuyos efectos positivos justifican que pueda reivindicarse su carácter funcional o saludable.¹

Los mismos son también una manera de agregarle un valor a los productos alimenticios mediante distintas tecnologías productivas y/o industriales.

Se reserva el término funcional para un grupo que cuenta con evidencia científicamente válida sobre sus beneficios para la salud, estos además ejercen un papel preventivo ya que reducen los factores de riesgo que provocan la aparición de enfermedades.²

La comunicación de los beneficios juega un papel central dado que la funcionalidad de un alimento no es una propiedad tan evidente como su sabor, aroma, textura y otras características organolépticas, y por lo general sus beneficios suelen manifestarse a lo largo del tiempo, en consumos prolongados y con una respuesta que depende del contexto de la dieta y de cierta susceptibilidad individual. Estos no forman en sí una categoría, sino que conforman un concepto, basado en sus propiedades adicionales que enriquece a los grupos de alimentos ya existentes.³

Existe un reconocimiento general de que muchos ejercen una acción preventiva frente a la aparición de ciertas enfermedades en el ser humano y la investigación se orienta actualmente hacia una obtención natural, “no sintética”.⁴

Las leches enriquecidas y fermentadas son en este momento el territorio de mayor innovación dentro de la industria agroalimentaria y en el que mayor número de alimentos funcionales existen.

La grasa de la leche también llamada grasa butirosa, contiene ácidos grasos reconocidos como “agentes estimuladores” de la salud y la modificación natural del perfil de ácidos grasos puede aún incrementar esas propiedades benéficas.

¹ Milner, J.A, Functional foods and health promotion, en:
<http://jn.nutrition.org/cgi/reprint/129/7/1395S.pdf>.

² España, Sociedad Española de Nutrición comunitaria (SENC), Guía de Alimentos Funcionales, 2009, p.1-14, en:
http://www.senba.es/publicaciones/libros/lib_23.htm.

³ Esteban Carmuega, Alimentos Funcionales: Un largo camino desde el sigloV (AC) al XXI, en:
<http://revistasan.org.ar>.

⁴ Gagliostro, Gerardo.A., Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales, Efectos sobre la salud humana, 2004, Vol. 24, N° .3-4, p.113-136.

Dicha modificación resulta de interés debido a las propiedades que se le atribuyen a los ácidos linoleicos conjugados (CLA) los que resultan predominantemente consumidos en los productos lácteos.⁵

La forma biológicamente activa de los CLA estaría representado por el isómero cis-9, trans-11CLA (también llamado ácido ruménico) que representa entre el 75 al 85% del total de CLA en leche.

La composición en ácidos grasos de la leche es un factor determinante de la calidad de la misma ya que algunos de ellos presentan efectos altamente positivos sobre la salud humana y otros no.⁶

El contenido de saturados en este alimento es elevado lo cual resulta predisponente a la aparición de afecciones cardíacas. Dentro de este grupo cabe mencionar que los ácidos laúrico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) elevan el colesterol total y el asociado a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) juzgadas como aterogénicas.⁷

El ácido mirístico presenta el mayor potencial aterogénico ya que tiene un efecto cuatro veces más fuerte que el palmítico sobre los niveles plasmáticos de colesterol. Los resultados obtenidos en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce del INTA demostraron que la suplementación de la vaca permite reducir la concentración de los ácidos grasos aterogénicos en un 63% para (C12:0), un 51% para el (C14:0), y un 29% para el (C16:0).

El ácido esteárico (C18:0) es considerado como neutro sobre la salud humana mientras que el oleico (C18:1) es un protector contra la aterogénesis debido a sus propiedades benéficas sobre la composición de los lípidos plasmáticos.

La isomería geométrica de estos, es importante en términos nutricionales. La gran mayoría se encuentran naturalmente y poseen isomería cis, sin embargo en nuestra dieta habitual consumimos una pequeña, pero no despreciable porción (1g a 7g/día) con isomería trans.

⁵ Milner, J.A, ob.cit.,p.

⁶ Parodi, Peter. W, *Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food: Conjugated linoleic acid in food*, 2003, Vol.2, p. 101-122.

⁷ Silvia, Hernandez, Eryck, R, Suarez Jacome, Ma Miriam, Herrera Lee, Rosa Guadalupe et al, Alto contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y productos derivados al incorporar semillas de girasol a la dieta vacuna: Implicancias sobre el riesgo trombo/aterogénico, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México., ALAN v.57 n.2 Caracas jun. 2007. ISSN 0004-0622, en: <http://www.scielosp.org>.

La hidrogenación industrial y la desodorización de los aceites a alto vacío y temperatura, son las dos fuentes de origen tecnológico más importantes de formación de isómeros trans.⁸

El consumo de ácidos grasos trans ha sido fuertemente cuestionado por los Comités de Expertos en Nutrición, ya que la evidencia científica indica que estos isómeros son dañinos para la salud, por sus efectos a nivel de los lípidos sanguíneos, por su acción inhibitoria sobre la actividad de enzimas hepáticas, y por la modificación que producen en la fluidez de las membranas celulares que se traducen, entre otros efectos, en un mayor potencial aterogénico.

La recomendación es evitar el consumo de estos. Sin embargo, a la luz del conocimiento actual, la generalización del concepto sobre el efecto dañino de los ácidos grasos trans deberá ser revisada, ya que algunos pueden tener efectos beneficiosos en la nutrición y salud humana. Este es el caso de ácido linoleico conjugado (CLA) con isomería trans.⁹

La ingestión diaria del mismo en los alimentos convencionales puede resultar insuficiente para que pueda expresar sus potenciales efectos bioquímicos, moleculares y fisiológicos contra el cáncer, aterosclerosis y obesidad.

Una adecuada alimentación del rumiante (vaca, cabra, novillo) permite lograr sustanciales incrementos de este ácido en el producto y desarrollar así alimentos funcionales.¹⁰

Se ha considerado que un consumo de entre 0,8 a 3 gr por día podría aportar un efecto terapéutico sobre el ser humano. Este nivel de consumo sería más fácil de alcanzar si se logra enriquecer naturalmente los productos de origen animal (carnes, leches y derivados) con este ácido graso.

Además es bien conocido que los consumidores prefieren los alimentos naturales a los modificados sintéticamente. Si bien es posible lograr un mayor consumo diario incrementando la ingestión de carnes, leche y derivados lácteos esta estrategia puede traer aparejado un aumento paralelo en el consumo de grasa saturada y colesterol lo que no resulta compatible con el concepto de alimentación saludable.

⁸ Gagliostro, Gerardo, *Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales*, 2004, vol. 24, No. 3-4, p. 113-136

⁹ Agueda, Mayi, Zule, María Angeles, Martínez, José Alfredo, Efecto del ácido linoleico conjugado (CLA) sobre el perfil lipídico en humanos, en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/alan/v59n3/art03.pdf>.

¹⁰ Watkins, Bruce.A, Li, Yong, *Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food: CLA in functional food enrichment of animal products*, 2003, vol.2, p. 174-180.

Por eso, es una gran y saludable alternativa la de obtener un enriquecimiento natural de lácteos y carnes.

Este procedimiento tiene además la ventaja de no modificar los hábitos alimenticios de la población, sumar valor agregado a los productos finales y estimular el consumo de los mismos.

De esta manera una manipulación en la alimentación de los animales permite alcanzar niveles de consumo terapéutico-preventivos del CLA a través del consumo de alimentos funcionales.

Debe tenerse en cuenta que las propiedades benéficas de los alimentos funcionales alto CLA sobre la salud humana sólo serán efectivas en el marco de una alimentación saludable y balanceada.

Como propiedades sobresalientes de los mismos pueden citarse la prevención del cáncer, la atenuación de la aterosclerosis y de reacciones inmunitarias alérgicas, la disminución en la peroxidación de lípidos y los efectos anti-obesidad de este grupo de ácidos.¹¹

Ante lo anterior se propone el siguiente problema de investigación:

Elaboración de yogurt a base de leche de vaca funcional.

¿Cuál es el grado de aceptación y diferencia, en cuanto a los caracteres organolépticos, entre un yogurt elaborado con leche de vaca alto CLA y un yogurt control, y el nivel de información sobre el ácido linoleico conjugado (CLA), ácidos grasos trans y alimentos funcionales que tienen los alumnos que asisten a la Universidad F.A.S.T.A pertenecientes a las carreras de Licenciatura en Nutrición y Ciencias Médicas?

El objetivo general es:

-Determinar el grado de aceptación y diferencia, en cuanto a los caracteres organolépticos, entre un yogurt elaborado con leche de vaca alto CLA y un yogurt control, y el nivel de información sobre el ácido linoleico conjugado (CLA), ácidos grasos trans, y alimentos funcionales que tiene los alumnos que asisten a la Universidad F.A.S.T.A pertenecientes a las carreras de Licenciatura en Nutrición y Ciencias Médicas.

¹¹Sanhueza C, Julio, Nieto K, Susana, Valenzuela B., Alfonso, Acido linoleico conjugado: Un acido graso con isomería trans potencialmente beneficioso, Rev. chil. nutr. [online]. 2002, vol.29, n.2, p. 98-105, en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182002000200004&lng=es&nrm=iso. ISSN 0717-7518. doi: 10.4067/S0717-75182002000200004.

Los objetivos específicos son:

- ✦ Indagar el grado de aceptabilidad por los consumidores del yogurt funcional.
- ✦ Establecer si existe diferencia en cuanto a los caracteres organolépticos entre un yogurt elaborado con leche de vaca alto CLA y un yogurt control.
- ✦ Identificar los caracteres organolépticos de un yogurt funcional y de un yogurt control.
- ✦ Determinar el grado de información que tiene la población acerca de los beneficios del ácido linoleico conjugado, e identificar el nivel de conocimiento que tiene la misma sobre los ácidos grasos trans y alimentos funcionales.
- ✦ Indagar sobre la frecuencia de consumo de yogurt de la población.
- ✦ Determinar el perfil de ácidos grasos entre una leche control, una leche funcional, un yogurt control y un yogurt funcional.
- ✦ Identificar la transferencia del CLA, ácido vaccénico, ácido palmítico, mirístico y laúrico, desde la leche funcional al yogurt funcional.

Consumir alimentos que, además de proveer una nutrición básica, puedan ayudar en la curación y prevención de algunas enfermedades es uno de los aspectos innovadores que en materia nos ofrece el siglo XXI. Resulta casi familiar encontrar actualmente en los supermercados de muchos países del mundo, alimentos que reducen el colesterol, ayudan a disminuir el peso corporal, evitan la osteoporosis, o inclusive regulan la tensión arterial. Los alimentos funcionales nacen, en parte como una respuesta al incremento de ciertas enfermedades relacionadas con el estilo de vida moderno y se han convertido en una importante alternativa para mejorar la nutrición y la salud pública.¹

El desarrollo tecnológico y los avances científicos han permitido esclarecer los efectos beneficiosos para la salud generados por el consumo de algunos alimentos o componentes alimenticios, generando expectativas para una mejor calidad de vida.

Consistente con la concepción moderna de salud como el estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente como la ausencia de afecciones o enfermedades, es que la visión de la nutrición adecuada como aquella que prevenía la aparición de deficiencias ha evolucionado hacia un concepto más amplio que incluye la óptima función de órganos y sistemas, la promoción de la calidad de vida y la disminución del riesgo de padecer enfermedades.

En los últimos años, ha crecido la investigación específica de propiedades en los alimentos que, más allá de su composición nutricional, tienen una significativa importancia para promover el bienestar de las personas con consecuencias epidemiológicas en la expresión de enfermedades con importante costo social.²

El concepto actual de nutrición está evolucionando. La “nutrición adecuada”, entendida como “suficiente”, dirigida a evitar déficits, ha dejado de ser la meta en las sociedades desarrolladas. Emerge la concepción de la alimentación como “nutrición óptima”.³

Su objetivo es la calidad de vida y el bienestar integral del individuo, adquiere un nuevo enfoque terapéutico y preventivo; participa en la promoción de la salud y es ya

¹ Rubiano, Sarmiento, “Alimentos Funcionales, una nueva alternativa de alimentación”, en: *Orinoquia*, Villavicencio Colombia, Universidad de los Llanos, año 10, N°10, p.16-23.

² Carmuega, Esteban, Alimentos Funcionales: Un largo camino desde el sigloV (AC) al XXI, en: <http://revistasan.org.ar>.

³ Farjas Abadía, Pilar, Sobre los alimentos funcionales, *Rev. Esp. Salud Publica* [online] 2003, vol.77, n.3 [citado 2010-08-26], pp. 313-316, en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272003000300002&lng=es&nrm=iso. ISSN 1135-5727.

considerada como factor de protección ante una larga serie de circunstancias patológicas.

Al recorrer la historia de los avances científicos resulta paradójico ver como al mismo tiempo que crecía el conocimiento sobre el efecto de macronutrientes, micronutrientes y oligoelementos se iba perdiendo el concepto integral de los alimentos como sustancias complejas con consecuencias para la salud que superan a la suma de sus componentes nutricionales.⁴

El contenido de ácidos grasos, isomería, conformación espacial de los triglicéridos, grado de saturación, ubicación de la primera doble ligadura a partir del carbono omega, distintos procesos de industrialización y conservación son un ejemplo de modificaciones que, sin afectar el valor nutricional, tienen diferentes efectos sobre el metabolismo lipídico. De esta manera dos margarinas con una similar cantidad de materia grasa pero distinta conformación de sus aceites, pueden tener distintas consecuencias para la salud, como este podrían mencionarse numerosos ejemplos.

Estas sustancias, pueden estar naturalmente en la composición del alimento, ser inducidas mediante técnicas agronómicas o en la alimentación animal (*feeding*), modificadas como consecuencia del proceso industrial, incorporadas como un principio activo inexistente en el alimento natural o cambiar acorde con la modalidad de cocción y preparación culinaria.⁵

El acelerado estilo de vida, propio de finales del siglo XXI, ha generado importantes cambios en materia alimentaria a nivel mundial. Los nuevos y algunas veces poco saludables hábitos alimenticios junto con el sedentarismo y el estrés inducen al incremento de enfermedades como la diabetes, la obesidad, la hipertensión arterial y cáncer entre otras, que se convierten en un problema de salud pública en muchos países. Por otra parte, en el tercer mundo las desigualdades económicas hacen que un importante porcentaje de la población no tenga acceso a los alimentos en calidad y/o cantidad suficiente, lo que ocasiona desnutrición y retraso en el desarrollo físico.

En busca de una respuesta a dichos problemas de salud y gracias a los importantes avances científicos y al desarrollo tecnológico, actualmente se pretende

⁴ Palanca, V, Rodríguez, E, Sensorans, J, Reglero, G, Bases científicas para el desarrollo de productos cárnicos funcionales con actividad biológica combinada, *Nutr. Hosp.*[online]. 2006, vol.21, n.2 [citado 2010-08-26], pp. 199-202, en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000200011&lng=es&nrm=iso. ISSN 0212-1611.

⁵ Silveira Rodríguez, Manuela Belén, Monereo Megías, Susana, Molina Baena, Begoña, Alimentos Funcionales y Nutrición Óptima ¿Cerca o Lejos?, *Rev. Esp Salud Pública.*[online]. 2003, vol.77, n.3 [citado 2010-05-23], pp.215-220, en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272003000300003.

fomentar el consumo de alimentos que además de una nutrición básica aporten beneficios adicionales para la salud y el bienestar de la población, teniendo en cuenta sus características genéticas, ambientales, sociales y culturales.⁶

En el futuro los alimentos no solo permitirán un óptimo crecimiento y desarrollo desde la gestación y en todas las etapas de la vida, sino que podrán también potenciar capacidades físicas y mentales además de disminuir el riesgo a padecer enfermedades.

Se ha dicho que el territorio de los alimentos funcionales se encuentra atravesado por las ciencias de los alimentos, la tecnología, las políticas públicas, el mercadeo y la nutrición. La coexistencia de distintas perspectivas es uno de los factores que contribuye a la complejidad del concepto y que debe motivar a la búsqueda de un espacio de consenso en el cual las lógicas, lenguajes, intereses y motivaciones de científicos, profesionales de la salud, epidemiólogos, reguladores, organizaciones de la sociedad civil, comunicadores, tecnólogos, productores e industrializadores puedan concretarse en información sencilla y fácil de comprender. El segundo factor que suma a su complejidad, es la ausencia de un marco normativo definido que establezca los límites del territorio y los alcances de la funcionalidad. En este sentido, existen profundas diferencias en la visión del alimento funcional entre la los distintos países.

Son amplias las expectativas que a nivel mundial se generan alrededor del tema, no sólo por su impacto en los hábitos de nutrición y consumo, sino porque involucra áreas tan importantes como la salud, la economía, la investigación científica, la legislación, el comercio y desarrollo de mercados.⁷

Aunque no se ha logrado una definición del término que sea aceptable globalmente, el concepto general es que son alimentos o componentes alimenticios cuyo consumo además de una nutrición básica, genera beneficios para la salud y/o reduce el riesgo de enfermedad, puede ser un macro nutriente con un efecto fisiológico específico o un micro nutriente esencial, pero también puede ser un componente alimenticio que aunque no tenga un alto valor nutritivo o no sea esencial,

⁶ Sedo Masis, Patricia, Alimentos funcionales: análisis general acerca de las características químico - nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. *Rev. costarric. salud pública*. [online]. jul. 2001, vol.10, no.18-19 [citado 28 Octubre 2010], p.34-39, en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292001000100005&lng=es&nrm=iso. ISSN 1409-1429.

⁷ Aranceta Bartrina, Javier, Gil Hernández, Ángel, *Alimentos funcionales y salud en la etapa infantil y juvenil*; Argentina, Medica Panamericana, 2009, p.22-25.

su consumo logre la modulación de alguna función en el organismo que reduzca el riesgo de enfermedad.

Se considera funcional, un alimento en su estado natural, o al cual se ha adicionado, removido o modificado uno o más de sus componentes.

Los mismos son también una manera de agregarle un valor a los productos alimenticios mediante distintas tecnologías productivas y/o industriales. Un valor que adquiere sólo real significado en la medida en que su comunicación sincera y genuina, motive a los consumidores generando un mercado atractivo para la industria alimentaria.

En conclusión se reserva el término para un grupo, o concepto, de alimentos que cuentan con evidencia científicamente válida sobre sus beneficios para la salud. Es decir, que se considera que un alimento es funcional cuando es capaz de producir un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales de mejorar el estado de salud y/o de reducir el riesgo de una enfermedad.⁸

Desde la perspectiva del consumidor, la mayor parte de las diferencias percibidas entre un alimento funcional y otro que no lo es, se basan en la comunicación de sus beneficios.

El CODEX considera como declaración de propiedades saludables a cualquier representación que declare, sugiera o implique que existe una relación entre un alimento, o un constituyente de dicho alimento, y la salud. Entre ellas, se pueden mencionar las que impactan sobre una función fisiológica como en el crecimiento, el desarrollo y las funciones normales del organismo como también las que contribuyen, en el contexto de una dieta saludable, a la reducción del riesgo de una enfermedad o condición relacionada con la salud.⁹

El primer país en legislar sobre alimentos funcionales fue Japón.

A comienzos de 1980 se iniciaron por el gobierno de dicho país tres programas de investigación a gran escala sobre “análisis sistemático y desarrollo de los alimentos funcionales”, “análisis de la regulación fisiológica de la función de los alimentos” y “análisis de los alimentos funcionales y diseño molecular”. En 1984 el Ministerio de Educación Ciencia y Cultura Japonés (MESC) inicia un proyecto de análisis sistemático y desarrollo de alimentos funcionales, que relaciona el consumo de algunos alimentos o componentes alimenticios con efectos beneficiosos para la salud, siendo esta la primera oportunidad en la que el término “alimentos funcionales” es

⁸ Farjas Abadia, Pilar, ob.cit.,p.77: 313-316.

⁹ Durand, Gabriel, Alimentos funcionales: El ambiente global, en: www.ancefn.org.ar/actividades/alimentos/Expositores/Durand.pdf -

empleado oficialmente. En un esfuerzo nacional por reducir el costo creciente de la atención de salud, se estableció en 1991 una categoría de alimentos potencialmente beneficiosos, denominados Tokutei Hohenyo Shokuin o FOSHU (Foods for Specified Health Use), a los alimentos procesados que contienen ingredientes que ayudan a funciones corporales específicas, además de ser nutritivos. También ese mismo año Japón legaliza la comercialización de alimentos con propiedades saludables. El primer alimento FOSHU correspondió a una especie de arroz de consumo masivo, en el que se eliminó por hidrólisis enzimática una proteína causante de alergia cutánea, obteniéndose un nuevo producto inmunológicamente seguro y saludable. La legislación japonesa exige para cada uno de los alimentos FOSHU realizar una detallada comprobación científica de sus interacciones fisiológicas y efectos beneficiosos para la salud.¹⁰

La Unión Europea (UE), por su parte, consensua hacia 1999 que los alimentos funcionales no deben ser considerados un “grupo de productos” sino satisfacer un “concepto”. Los acuerdos logrados señalan que un alimento puede ser categorizado como “funcional” si se ha demostrado que su ingesta, más allá de la función tradicional de los nutrientes que contiene, influye de modo satisfactorio en una o más funciones del cuerpo, mejora el estado de salud o de bienestar, y/o reduce el riesgo de enfermedades. Su consumo queda comprendido dentro de una pauta normal de alimentación, y no en el suministro como tabletas, cápsulas u otras formas de suplementos dietarios. Respecto de los efectos benéficos sobre la salud, establece que pueden no ser necesariamente iguales en todos los individuos.

La Unión Europea crea una comisión de acciones concertadas para la investigación sobre alimentos funcionales en Europa FUFOSE (Functional Food Science in Europe), conformada por investigadores en áreas relacionadas con nutrición y salud bajo la coordinación del ILSI (International Life Science Institute). La función de la comisión es definir el desarrollo científico de los alimentos funcionales, la creación de nuevos productos y la verificación científica de sus efectos benéficos para la salud. En 1999 esta comisión hace pública la primera definición de alimentos funcionales, indicando que son alimentos en los que se ha demostrado satisfactoriamente que además de una adecuada nutrición proveen beneficios en una o más funciones del organismo mejorando la salud o reduciendo el riesgo de enfermar cuando son consumidos en las cantidades esperadas dentro de una dieta normal.¹¹

En Norteamérica ha existido interés por la alimentación y la prevención de ciertas enfermedades. Aunque la legislación Americana no incluye una definición para

¹⁰ Rubiano, Sarmiento, ob.cit.,p.16-23.

¹¹ Rubiano, Sarmiento, ob.cit.,p.16-23.

estos alimentos, para las entidades encargadas de la regulación alimentaria la palabra “funcional” implica un alimento que posee propiedades que generan beneficios para la salud o reducen el riesgo de enfermedad.¹²

El conocimiento de los alimentos funcionales en América Latina es relativamente reciente.

América Latina es actualmente un potencial productor y consumidor de dichos alimentos, posee grandes recursos naturales, una amplia biodiversidad de flora y fauna asociada a gran variedad de plantas y frutos comestibles, con potenciales efectos beneficiosos para la salud. Depende de los gobiernos diseñar las políticas para fomentar la investigación científica y la producción de nuevos alimentos o componentes alimenticios con propiedades funcionales, teniendo en cuenta que podrían ser una importante alternativa para contribuir a mejorar la calidad de vida de la población.¹³

Con respecto a la acción de los mismos sobre la salud, la ciencia de los alimentos funcionales se basa en la forma en que los nutrientes específicos y los componentes alimentarios afectan positivamente a las funciones del organismo. Por lo tanto, es posible reconocer cinco áreas en las que podrían agruparse las propiedades asociadas a los beneficios de los alimentos funcionales, la primera de ellas es el crecimiento, desarrollo y diferenciación, por ejemplo mediante el enriquecimiento con nutrientes en la alimentación materna para la prevención de algunas anomalías fetales como el ácido fólico, para prevenir defectos del tubo neural; ácidos grasos esenciales, para el normal desarrollo de las capacidades cognitivas, etcétera. Otra de las áreas en la que actúan estos alimentos es en la regulación de procesos metabólicos, por ejemplo mediante principios activos o alimentos que modulen la sensibilidad de los receptores de insulina; almidones modificados para disminuir el índice glucémico; fibras para el aumento de la saciedad, etcétera.

La tercera es en la defensa ante las agresiones oxidativas, a través de principios activos con actividad antioxidante que contribuyan a preservar la integridad estructural de ADN, lipoproteínas, membranas celulares, disminuyendo la formación de radicales libres, como por ejemplo las vitaminas A, E, C, zinc, selenio y numerosos fitoquímicos.

La cuarta área en la que dichos alimentos pueden desarrollar su accionar es en el sistema cardiovascular, y algunos ejemplos son muchos de los antes mencionados, además de otros principios que actúan sobre el riesgo cardiovascular, ya sea mediante el control de la hipertensión arterial, de la obesidad, de la resistencia insulínica, de los

¹² Ibid.

¹³ Ibid.

niveles de colesterol, en los factores relacionados con la coagulación, en los niveles y oxidación de las lipoproteínas, absorción del colesterol, etcétera.

Por último, llevan a cabo su acción en la función digestiva. En este grupo se consideran alimentos que modulan la flora intestinal tanto por la incorporación de prebióticos, probióticos o ambos, simbióticos. Estos alimentos podrían modificar no sólo la función de absorción o la motilidad sino también interactuar con el sistema inmunológico asociado a la mucosa. Se incluyen en este grupo también a otros principios que mejoran la biodisponibilidad o la utilización de los nutrientes de la dieta y a los que disminuyan el riesgo de cáncer colónico.¹⁴

Existen distintas modalidades de obtención de alimentos funcionales, aquellos naturales con alguno de sus componentes realzado a través de condiciones especiales, como por ejemplo, la crianza del ganado a pastoreo que mejora la composición de los ácidos grasos de membrana de los animales versus los que han crecido en feed-lot.

Alimentos en los que se ha modificado el proceso de industrialización para mejorar su función, por ejemplo, la modificación de la forma de cocción de un cereal para disminuir su índice glucémico.

Aquellos con componentes añadidos para proveer beneficios específicos, como por ejemplo una margarina, leche o yogurt con fitoesteroles.

Otros en los que se ha removido algún componente considerado adverso para la salud, por ejemplo el café descafeinado, la remoción de fitatos, etcétera.

En los que uno o más de sus componentes han sido químicamente modificados, en función de su impacto sobre la salud humana, por ejemplo, el reemplazo de grasas vegetales por otras con alto oleico para disminuir los ácidos grasos trans.

Alimentos con la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes aumentadas, a fin de mejorar la absorción de los mismos. Por ejemplo la protección del hierro en un compuesto protegido para evitar las interacciones nutriente-nutriente en la luz intestinal o la fermentación para disminuir el efecto de ciertos anti-nutrientes en cereales.¹⁵

Es evidente que la identificación de nuevos compuestos bioactivos es un punto importante y necesario en el diseño de alimentos funcionales pero el valor real de cada uno de ellos dependerá, en primer lugar, de la cantidad del mismo que el consumidor necesite incluir en su dieta para que resulte beneficioso para su salud y también, de que las características de la matriz alimentaria a la que se va a incorporar, no alteren la estabilidad y biodisponibilidad del principio activo en el producto final.

¹⁴ Ashwell, Margaret, *Conceptos sobre los Alimentos Funcionales*, Europa:ILSI Internacional Life Sciences Institute, Spanish Translation, 2004. p.1-48. ISBN 1-57881-157-0.

¹⁵ Carmuega, Esteban, ob.cit., p.107-114.

Aún teniendo en cuenta y controlando estos aspectos, el éxito de un alimento funcional en el mercado va a depender de que responda a las necesidades del consumidor y del grado de satisfacción que sea capaz de proporcionarle.

Por ello, la opinión del consumidor debe ser tomada en cuenta no sólo para evaluar la aceptabilidad del producto final sino desde el inicio del proceso de su desarrollo.

Otra cuestión a tener en cuenta es que la respuesta final del consumidor frente a este tipo de alimentos, estará matizada por la opinión o conocimiento que el consumidor tenga sobre ello.¹⁶

Entre los distintos sectores, el de los productos lácteos es uno de los que más ha cambiado por la introducción de nuevos productos con características saludables. A los ya tradicionales, como los desnatados o con características probióticas, se ha añadido, en los últimos años, una amplia gama de leches fermentadas de carácter probiótico, de yogures y de leche con distintos principios activos adicionados.¹⁷

Con el desarrollo de los alimentos funcionales la relación alimentos-salud toma la dimensión no de medicamentos, sino de productos para la prevención de enfermedades, siendo los lácteos los más comunes en el mercado como vehículos de elementos para disminuir el riesgo de desarrollo de ciertos padecimientos.

Los lácteos han formado parte de los hábitos alimentarios de cada pueblo o región y cumplen propósitos de nutrición, pero ahora se estudian bajo la perspectiva de identificar ciertos componentes que tienen una función específica sobre la salud del ser humano. Estos alimentos son un medio para otorgar beneficios saludables.¹⁸

Los alimentos lácteos tradicionales están posicionados como productos que por sí solos aportan beneficios para la salud.

Años de investigación demuestran que la ingesta de los mismos como parte de una dieta balanceada ofrece beneficios en el área de salud ósea, control del peso, reducción de la presión sanguínea y protección cardiovascular. Por ejemplo es reconocido que el calcio proveniente de la leche y sus derivados ayudan a mantener huesos fuertes para prevenir la osteoporosis.¹⁹

¹⁶ Villegas Pascual, Beatriz, Efecto de la adición de inulina en las características físicas y sensoriales de batidos lácteos, Universidad Politécnica de Valencia, en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/6215/1/BVillegas_Tesis.pdf.

¹⁷ Gómez Cortés, Pilar, Efecto de la suplementación de la dieta ovina con distintas fuentes lipídicas sobre el perfil de ácidos grasos de la leche, Universidad Complutense de Madrid, en: <http://eprints.ucm.es/11253/1/T32129.pdf>.

¹⁸ Esquivel Flores, María Guadalupe, Lácteos como alimentos funcionales y su papel en la prevención de algunos padecimientos, en: www.infoleche.com.

¹⁹ Castelli, María Victoria, "Lácteos Funcionales", *Énfasis Alimentación*, mayo 2010, N°4, p.98-99.

El interés del consumidor por mejorar su salud general y reducir el riesgo de enfermedades específicas demanda alimentos y bebidas que proporcionen beneficios saludables además de su valor nutricional tradicional.

La industria láctea ha respondido al consumidor por su interés en alimentos funcionales mejorando los atributos saludables que ya tiene la leche, yogur y queso con compuestos fisiológicamente activos.

El aumento en la disponibilidad de alimentos lácteos con valor añadido es consistente con respecto a las necesidades y deseos de los consumidores por productos que cubran sus necesidades específicas como reducir el riesgo a una enfermedad cardíaca o mejorar la salud digestiva. El crecimiento en el sector de productos lácteos funcionales crea ambas oportunidades.²⁰

Dado el interés de los consumidores por este tipo de alimentos, los profesionales de la salud y nutrición cuentan ahora con una ventana de oportunidades para comunicar cómo los lácteos con valor añadido pueden ser parte de una dieta saludable que cumpla necesidades específicas de cada individuo.

La leche es, en sí misma, uno de los pocos productos diseñados por la naturaleza específicamente como alimento, en una etapa crítica para el desarrollo, siendo la única fuente, en esa etapa, de aporte de nutrientes y compuestos bioactivos fundamentales para la supervivencia y el desarrollo saludable de las crías.

Parece razonable suponer, por lo tanto, que dentro de su complejidad tanto en composición como en estructura, existen sustancias con una funcionalidad específica, más allá de lo estrictamente nutricional, funciones relacionadas con el sistema inmunológico y con el bienestar general.²¹

A comienzos de los años 80', los japoneses fueron los primeros en reconocer que los componentes lácteos aportan una significativa contribución a los alimentos fisiológicamente funcionales. Desde esa época, un creciente número de investigaciones confirman esta visión.

Además existe una estrecha relación entre algunas propiedades bioactivas y los componentes lácteos, como por ejemplo en la función anticarcinogénica están implicados, esfingolípidos, el ácido linoleico conjugado, el ácido butírico, etc, otros componentes como las vitaminas del grupo B, péptidos y el calcio actúan en la protección contra la hipertensión, con respecto a la función de la inmunomodulación, están implicados el ácido linoleico conjugado, el calostro, la lactoferrina,

²⁰ Sotelo, Federico, Lácteos funcionales haciendo más fácil una sana alimentación, en: www.alimentariaonline.com

²¹ Fernández, Fernanda, Rodríguez, Ana, Queso artesanal prebiótico un ejemplo de queso funcional, Universidad de Oviedo, en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/5777/1/Queso_probiotico_AGROCSIC.pdf.

glicomacropéptido, en las propiedades antitrombótica, llevan a cabo su acción péptidos, lactoferrina, como así también relacionados con los efectos antiinflamatorios se encuentran algunos péptidos y el calostro. Por lo tanto se puede afirmar que muchos de los componentes lácteos actúan sobre diversas funciones biológicas.²²

En las sociedades industrializadas, donde una gran parte de la población tiene cubiertas las necesidades nutricionales mínimas, se demandan cada vez más alimentos funcionales y por ello, el número de estudios sobre esta materia ha crecido exponencialmente en la última década.

De esta manera a partir de todos los estudios sobre los componentes y funciones de los lácteos se han desarrollado leches enriquecidas en calcio y en distintas vitaminas, sobre todo A, D y E, leches fermentadas dirigidas a mejorar la flora intestinal y el estado inmunológico, y productos lácteos que incorporan péptidos con actividad antihipertensiva o esteroides vegetales para reducir los niveles de colesterol. También se han comenzado a comercializar quesos con bacterias probióticas incorporadas, con una difusión más limitada, leches con la lactosa hidrolizada o con adición de fibra soluble. Aunque las leches enriquecidas en distintos componentes han tenido un gran desarrollo en los últimos años, otra tendencia de interés creciente en cuanto a lácteos funcionales, es la sustitución de componentes con efectos potencialmente negativos por otros que puedan resultar beneficiosos.²³

La grasa láctea ha sido históricamente una de las fuentes lipídicas de mayor consumo a nivel mundial. Esta influye de forma relevante en las características físicas y organolépticas de los alimentos. Sin embargo, durante estos últimos años se ha creado una corriente de opinión poco proclive al consumo de dicha grasa por la presencia en la misma de ácidos grasos saturados, poliinsaturados con configuración trans y colesterol, compuestos cuyo consumo aparece generalmente asociado al aumento del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Este deterioro en la imagen de la grasa de la leche se ha traducido en una tendencia creciente del consumo de productos desnatados durante la última década.

Frente a esta corriente de opinión, distintos estudios científicos no sólo han puesto en duda los efectos perjudiciales para la salud de la ingesta de grasa láctea, sino que han presentado evidencias de signo contrario (Lock y Bauman, 2004; Parodi, 2006 y 2009; German *et al.*, 2009).²⁴

²² Requena, Teresa, Janer, Carolina, Peláez Carmen, Leches fermentadas prebióticas en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/5774/1/Leches_probioticas_AGROCSIC.pdf.

²³ Esquivel Flores, María Guadalupe, ob.cit.,p.6-7.

²⁴ Requena, Teresa, Janer, Carolina, Peláez, Carmen,ob.cit.,p.18-20.

Por otra parte, a la hora de establecer los potenciales efectos beneficiosos o perjudiciales de la grasa de leche en la salud humana, resulta imprescindible diferenciar entre las distintas clases de lípidos que la componen.

Una de las principales clases de ácidos grasos presentes en la leche son los saturados. La asociación entre ingesta de estos e incremento del riesgo de enfermedades cardiovasculares ha sido apoyada por distintos estudios clínicos y epidemiológicos durante las últimas décadas. De hecho, el efecto hipercolesterolémico de los ácidos grasos saturados de 12, 14 y 16 átomos de carbono es conocido desde hace más de 40 años. Esta relación, sin embargo, parece mucho más compleja de lo que pueda deducirse de la simple acción de algunos ácidos grasos.

Trabajos de investigación recientes han revelado que resultaría más importante mantener un buen equilibrio entre los distintos grupos de ácidos grasos de la ingesta que los potenciales efectos beneficiosos o perjudiciales que algunos de ellos pudieran ejercer de forma individual (Renaud y Lanzmann-Petithory, 2001; Parodi, 2006; Shingfield *et al.*, 2008a). En esta línea, algunos estudios han apuntado que aquellos ácidos grasos que se consideran hipercolesterolémicos, láurico, mirístico y palmítico, podrían tener incluso efectos positivos en una dieta que presente niveles moderados de los mismos (Poppitt *et al.*, 2002; Dabadie *et al.*, 2005). Por otro lado, hay que destacar también que ciertos ácidos grasos saturados presentes en grasa láctea podrían ejercer efectos positivos en la salud humana. El principal exponente de esta fracción es el ácido butírico al que se le han atribuido propiedades antitumorales, concretamente en la prevención de cáncer de colon.

Otro tipo de ácido graso presente en la leche son los ácidos grasos trans-monoenoicos octadecanoicos, trans C18:1, los cuales podrían influir desfavorablemente en la relación de colesterol LDL-HDL en el suero sanguíneo y por tanto, el riesgo de padecer enfermedades coronarias por su ingesta podría ser incluso mayor que el producido por los ácidos grasos saturados.

Sin embargo, hay cada vez más evidencias científicas de que los incrementos de colesterol LDL en la sangre sean dependientes del isómero trans C18. Por este motivo resulta fundamental incidir en la procedencia de los ácidos grasos trans ya que los perfiles, según sean de origen industrial o natural, pueden ser muy diferentes.

También se encuentra presente en la leche el ácido linoleico conjugado, la investigación desarrollada en torno al CLA, por sus siglas en inglés, ha experimentado un crecimiento exponencial desde que se le atribuyeron propiedades anticarcinogénicas. Otros potenciales efectos beneficiosos de este ácido para la salud humana provienen de sus propiedades antiarterioescleróticas y antidiabéticas, su

capacidad para disminuir la grasa corporal, favorecer la absorción de calcio y mejorar la respuesta inmunitaria.

Ácidos grasos poliinsaturados, forman parte también de la grasa láctea, el linoleico y α -linolénico se consideran ácidos grasos esenciales porque el organismo humano no es capaz de sintetizarlos y sólo pueden ser obtenidos de la dieta.

Y el último tipo de ácido graso presente en la leche son los fosfolípidos. La esfingomielina es el fosfolípido presente en grasa láctea que ha atraído mayor interés de la comunidad científica por sus potenciales efectos beneficiosos para la salud, hasta el punto de que se ha propuesto la utilización de la membrana del glóbulo graso como nutraceutico.²⁵

En síntesis, los desarrollos tecnológicos en este campo han sido espectaculares y estos productos, que están irrumpiendo con fuerza en los mercados internacionales, serán probablemente la herramienta más importante que disponga en el futuro la Ciencia de los Alimentos y la Nutrición.

Destacan, de forma especial, los numerosos avances en el campo de los productos lácteos, probablemente por la facilidad de incorporación de ingredientes a esta matriz alimentaria.²⁶

²⁵ Berterreche, Javier, Aspectos nutraceuticos y funcionales en productos lácteos, Universidad de Santiago de Compostela, en: <http://www.fepale.org/lechesalud/documentos/Javier%20Berterreche%20Alim%20Funcionales.pdf>.

²⁶ Castelli, María Victoria, ob.cit.,p.98-99.

El ácido linoleico conjugado es un término colectivo que hace referencia a un grupo de isómeros del ácido linoleico, a diferencia de este último, los isómeros tienen enlaces conjugados, que en un compuesto orgánico insaturado es cuando dos dobles enlaces están separados por uno simple. Las variaciones geométricas y las dobles ligaduras de estos isómeros se encuentran en las posiciones 9-*cis* 7-*trans*C18:2, 9-*cis* 11-*trans*C18:2, 10-*trans* 12-*cis*C18:2, 11-*cis* y 13-*trans*C18:2. La forma biológicamente activa de los CLA estaría representada por el 9-*cis* 11-*trans*, también llamado ácido ruménico, que representa entre el 75 y 80% del total de ácido linoleico conjugado en leche. En orden de importancia le sigue el 10-*trans* 12-*cis*.¹

El ácido linoleico conjugado se encuentra de forma natural en los tejidos de los animales, especialmente de los rumiantes, pero también de las aves, en los huevos y en los productos lácteos, tales como los quesos, la leche y los yogures que han sido sometidos a procesos de calor.²

Aunque la presencia de este ácido graso en la leche de rumiantes resulta conocida desde el año 1930 sus propiedades biológicas permanecieron ocultas 60 años. Pequeñas cantidades de CLA están presentes en las dietas del ser humano y sus propiedades benéficas se manifestarían aún a concentraciones muy bajas en la ración. Se sabe que actualmente ingerimos alrededor del 80% menos de este ácido con la dieta, debido a que las reses que nos sirven de alimento son criadas con piensos refinados en lugar de con pastos frescos, como antaño, la hierba es rica en ácido linoleico que en el estómago de los rumiantes se convierte en CLA.³

Las estimaciones del consumo de dicho ácido en el ser humano oscilan entre 0,3 y 1,5 gramos por persona por día.

La ingestión diaria de esta grasa con los alimentos convencionales puede resultar insuficiente para que los mismos puedan expresar sus potenciales efectos

¹ Agueda, Mayi, Zulet, María Ángeles, Martínez, José Alfredo, Efecto del ácido linoleico conjugado (CLA) sobre el perfil lipídico en humanos, Departamento de Ciencias de la Alimentación, Fisiología y Toxicología, Universidad de Navarra, Pamplona, España, *ALAN*, sep. 2009, vol.59, no.3, p.245-252. ISSN 0004-0622, en: <http://www.scielosp.org>.

² Silvia, Hernandez, Eryck, R, Suarez Jacome, Ma Miriam, Herrera Lee, Rosa Guadalupe et al, Alto contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y productos derivados al incorporar semillas de girasol a la dieta vacuna: Implicancias sobre el riesgo trombo/aterogénico, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México., *ALAN* v.57 n.2 Caracas jun. 2007. ISSN 0004-0622, en: <http://www.scielosp.org>.

³ Scimeca, Joseph.A, PhD, Millar, Gregory.D, Potential Health Benefits of Conjugated Linoleic Acid, *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 19, No. 4, 470S-471S (2000), en: www.jacn.org/search.dtl.

bioquímicos, moleculares y fisiológicos. Una adecuada alimentación de rumiante, vaca, cabra, novillo, puede permitirnos lograr sustanciales incrementos de CLA en el producto y así desarrollar alimentos funcionales.

El reconocimiento del mismo como componente funcional se produce en forma accidental cuando se descubren sus propiedades antimutagénicas en la carne bovina cocida buscando justamente agentes mutágenicos. Pariza fue el descubridor de dicha molécula en 1978 en el departamento de toxicología de la universidad de Wisconsin, Madison, EE.UU, los investigadores buscaban en las hamburguesas agentes causantes del cáncer cuando dieron con el CLA.⁴

Los precursores son los ácidos grasos poliinsaturados presentes en las raciones de los rumiantes como el ácido linoleico C18:2 y el ácido alfa linolénico C18:3. El primero es abundante en el silaje de maíz, en los cereales y en varios granos oleaginosos como el girasol y la soja. El ácido alfa linolénico es en cambio característico de las pasturas tiernas y del aceite de lino. El grado de biohidrogenación ruminal de estos compuestos sería extremadamente alto alcanzando valores de 90% para el linolénico y 80% para el linoleico.

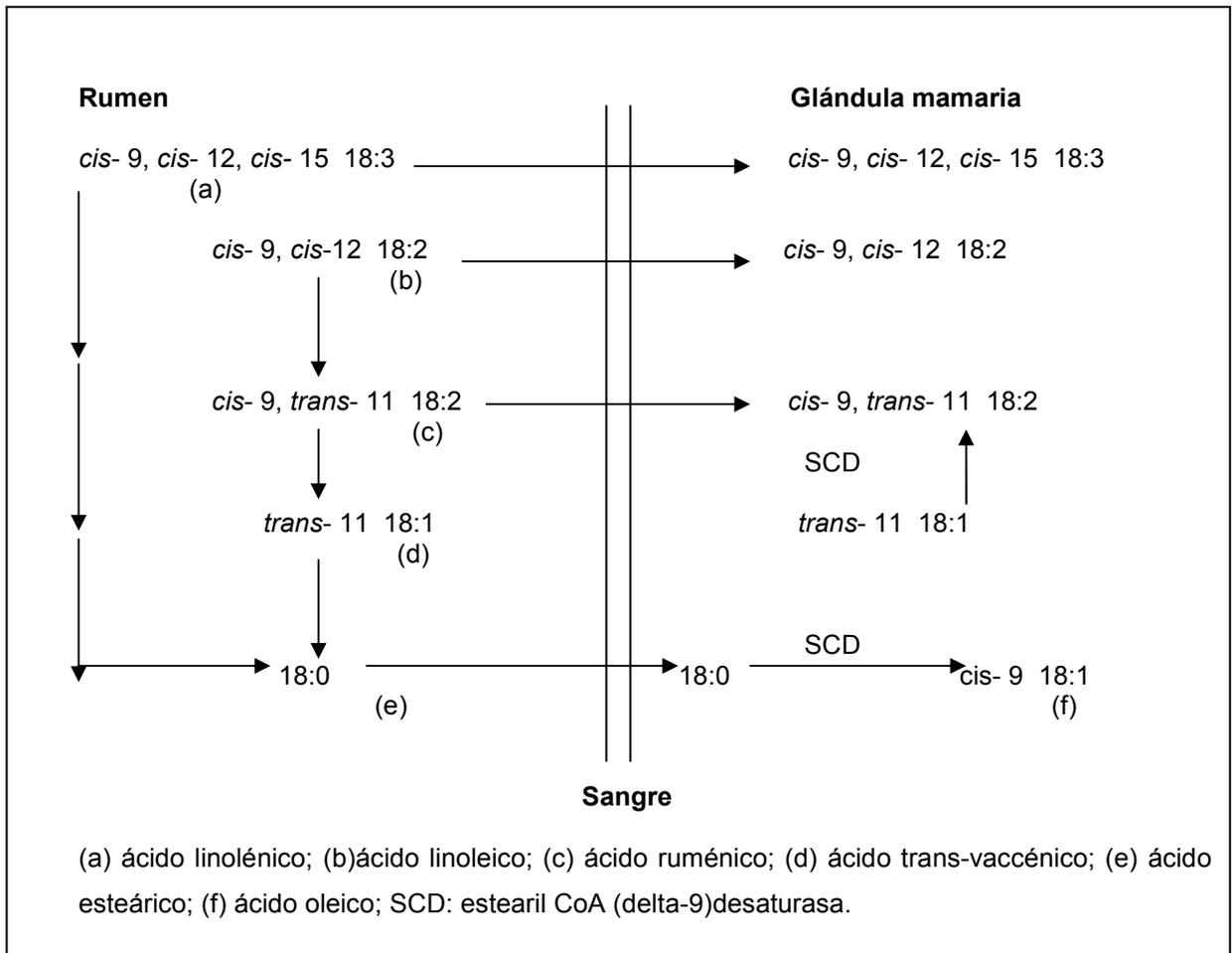
El ácido ruménico representa un compuesto intermedio en la hidrogenación ruminal del ácido linoleico a ácido esteárico, por acción de enzimas de microorganismos presentes en la cavidad ruminal, entre los que *Butyrivibrio fibrisolvens* jugaría el papel más relevante. El ácido *trans*- 11 C18:1, ácido vaccénico, resulta un intermediario común en la biohidrogenación del ácido linoleico y del ácido linolénico. La reducción ruminal del *trans*- 11 C18:1 es incompleta y conduce a una acumulación del compuesto. El paso final en la biohidrogenación de los ácidos grasos poliinsaturados es la producción de ácido esteárico (C18:0).

El CLA (*cis*-9, *trans*- 11 C18:2) de la leche reconoce dos orígenes: la absorción intestinal y posterior transferencia a la glándula mamaria y por otra parte la síntesis endógena a partir del ácido *trans* vaccénico (*trans* C18:1) por acción de la enzima delta-9 desaturasa en la glándula mamaria. Esta última sería la principal vía de acumulación de dicha molécula en leche bovina explicando un 64% de la síntesis del compuesto. Ha sido demostrado que la concentración en la leche resultó cuatro

⁴ Gagliostro, Gerardo.A., Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado(CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales, Efectos sobre la salud humana, 2004, Vol. 24, N°.3-4,p.113-136, en: <http://www.inta.cl/>

veces superior al flujo duodenal de CLA demostrando la importancia de esta vía metabólica en la síntesis.⁵

Figura 1: Principales vías metabólicas involucradas en la síntesis de los ácidos trans-vaccénico (trans-11C 18:1) y ruménico (cis-9, trans C18:2) de la leche.



Fuente: Chilliard y otros, 2002.⁶

Los ácidos grasos trans han sido denominados sustancias no naturales debido a que los mismos son producidos durante la hidrogenación de los aceites naturales para fabricación de margarinas. Son ácidos grasos insaturados con al menos una doble ligadura en la configuración trans lo que les confiere un ángulo mayor de ligadura respecto a los isómeros cis. La cadena carbonada resulta en consecuencia más

⁵ Gagliostro, Gerardo.A., Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado(CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales, Efectos sobre la salud humana, 2004, Vol. 24, N°.3-4, p.113-136, en: <http://www.inta.cl/>

⁶ Chilliard, Y, Ferlay, A, Loor, J, Rouel, J, Martin, B, Trans and conjugated fatty acids in milk from cows and goats consuming pasture or receiving vegetable oils or seeds. *Ital. J. Anim. Sci*, 1, 243-254.

extendida y se parece más a los ácidos grasos saturados que a los insaturados de configuración cis, esta propiedad les confiere una mayor tendencia a la adhesión o alineamiento de las cadenas carbonadas lo que resulta a su vez en una menor movilidad del ácido, esto implica una menor fluidez en comparación a los isómeros que contienen una doble ligadura de tipo cis.

La hidrogenación parcial de los aceites poliinsaturados, que constituye la base de fabricación de las margarinas, trae como consecuencia un enriquecimiento de los isómeros trans y con ello una grasa más peligrosa para el ser humano, en efecto, existe una correlación positiva entre el consumo de ácidos trans y las concentraciones plasmáticas del colesterol "malo" asociado a las LDL.

Si bien el llamado nivel de consumo máximo tolerable de este tipo de grasa debería ser de cero, alcanzar el mismo resulta impracticable debido a su presencia en alimentos indispensables para el ser humano como las carnes y las leches.

Resulta importante considerar y diferenciar la naturaleza y las propiedades funcionales de los distintos isómeros trans según provenga de los aceites hidrogenados, margarinas, o de productos naturales como la manteca. En las margarinas la concentración total de trans-C18:1 alcanza valores cercanos al 60% de ácidos grasos mientras que en las mantecas dicho valor promedio es del 5%. Durante el proceso industrial de hidrogenación de aceites se obtiene un amplio rango de concentración de isómeros trans-C18:1 siendo el ácido elaídico (9trans-C18:1) el principal cuyos efectos negativos sobre el colesterol plasmático y la incidencia de enfermedades cardiovasculares en el ser humano es un hecho aceptado.

Parece entonces importante redefinir el concepto de grasa trans aplicada a los alimentos en general, evolucionando desde la actual definición estrictamente bioquímica hacia otra basada en las funciones asociadas a parámetros de riesgo metabólico para el ser humano.⁷

Como propiedades sobresalientes del ácido linoleico conjugado pueden citarse la prevención del cáncer, la atenuación de la aterosclerosis y de reacciones inmunitarias alérgicas, la disminución de la peroxidación de lípidos y los efectos anti-obesidad.⁸

⁷ Gagliostro, Gerardo. A, ob. cit.,p.122-123.

⁸ Ibid.

Tabla 1. Efectos atribuidos al ácido linoleico conjugado

EFEECTO	TIPO DE EXPERIMENTO	MOLÉCULA	REFERENCIAS
Anticarcinogénico	<i>In vitro</i>	CLA	Durgam y Fernandes, 1997; O'Shea <i>et al.</i> , 2000; Miller <i>et al.</i> , 2001; Palombo <i>et al.</i> , 2002; Chujo <i>et al.</i> , 2003; Moon <i>et al.</i> , 2003; Tanmahasamut <i>et al.</i> , 2004; Ochoa <i>et al.</i> , 2004; Lai <i>et al.</i> , 2005; Wang <i>et al.</i> , 2005; Kuniyasu <i>et al.</i> , 2006; Amarù y Field, 2009.
	Modelos animales	CLA	CLA Ip <i>et al.</i> , 1991; Liew <i>et al.</i> , 1995; Visonneau <i>et al.</i> , 1997; Cesano <i>et al.</i> , 1998; Park <i>et al.</i> , 2001 y 2004; Masso-Welch <i>et al.</i> , 2002; Cohen <i>et al.</i> , 2003; Kim y Park, 2003; Soel <i>et al.</i> , 2007.
Modulador del sistema autoinmune	<i>In vitro</i>	CLA	CLA Iwakiri <i>et al.</i> , 2002; Yu <i>et al.</i> , 2002; Eder <i>et al.</i> , 2003; Cheng <i>et al.</i> , 2004; Jaudszus <i>et al.</i> , 2005; Nakamura y Omaye, 2009.
	Modelos animales	CLA	CLA Yang y Cook, 2003; Changhua <i>et al.</i> , 2005; Jaudszus <i>et al.</i> , 2008; Corino <i>et al.</i> , 2009.
	Humanos	CLA	Tricon <i>et al.</i> , 2004a; Song <i>et al.</i> , 2005; Turpeinen <i>et al.</i> , 2008; Aryaeian <i>et al.</i> , 2009.
Antiarteriosclerótico	Modelos animales	CLA	Lee <i>et al.</i> , 1994; Nicolosi <i>et al.</i> , 1997; Kritchevsky <i>et al.</i> , 2000 y 2004; Mitchell y McLeod, 2008.
		<i>Cis</i> -9, <i>trans</i> -11 CLA	Vailleille <i>et al.</i> , 2004, 2005 y 2006.
	Humanos	CLA	Noone <i>et al.</i> , 2002; Moloney <i>et al.</i> , 2004.
Favorecer la mineralización ósea	<i>In vitro</i>	CLA	Cusack <i>et al.</i> , 2005; Platt <i>et al.</i> , 2007; Platt y El-Soheymy, 2009.
	Modelos animales	CLA	Kelly <i>et al.</i> , 2003; Kelly y Cashman, 2004; Banu <i>et al.</i> , 2008; Park <i>et al.</i> , 2008a; Roy <i>et al.</i> , 2008.
	Humanos		Brownbill <i>et al.</i> , 2005.
Antidiabético	Modelos animales	CLA	Houseknecht <i>et al.</i> , 1998; Ryder <i>et al.</i> , 2001
Disminuir la grasa corporal	Modelos animales	CLA	CLA Park <i>et al.</i> , 1997; DeLany y West, 2000; Tsuboyama-Kasaoka <i>et al.</i> , 2000; Park <i>et al.</i> , 2007a.
		<i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 CLA	Park <i>et al.</i> , 1999; Kang <i>et al.</i> , 2004; Simón <i>et al.</i> , 2006.
	Humanos	CLA	Blankson <i>et al.</i> , 2000; Mougios <i>et al.</i> , 2001; Risérus <i>et al.</i> , 2001; Thom <i>et al.</i> , 2001; Gaullier <i>et al.</i> , 2004 y 2005; Whigham <i>et al.</i> , 2007; Park <i>et al.</i> , 2008b.
Aumentar la resistencia a la insulina plasmática	Modelos animales	CLA	Choi <i>et al.</i> , 2004 Ohashi <i>et al.</i> , 2004; Wargent <i>et al.</i> , 2005; Zhou <i>et al.</i> , 2008.
	Humanos	CLA	Moloney <i>et al.</i> , 2004; Ahren <i>et al.</i> , 2009.
Antihipertensivo	Modelos animales	CLA	Nagao <i>et al.</i> , 2003; Inoue <i>et al.</i> , 2004.
	Humanos	CLA	Herrera <i>et al.</i> , 2006; Zhao <i>et al.</i> , 2009.

Fuente: Gómez Cortés, Pilar.⁴⁶

⁴⁶ Gómez Cortés, Pilar, Efecto de la suplementación de la dieta ovina con distintas fuentes lipídicas sobre el perfil de ácidos grasos de la leche, Universidad Complutense de Madrid, en: <http://eprints.ucm.es/11253/1/T32129.pdf>.

Los efectos anticancerígenos del ácido linoleico conjugado son los mejor documentados, dentro de los diferentes tipos de cáncer en los que se ha estudiado el efecto de este ácido graso, su acción sobre el cáncer mamario parece ser la más significativa, incluso es más eficiente en su efecto de prevención que el ácido oleico, linoleico y que los ácidos grasos omega-3, eicosapentaenoico y docosahexaenoico.⁴⁷

El ácido ruménico cis-9 trans-11 constituye el único ácido graso capaz de inhibir la carcinogénesis en animales experimentales (Ip y otros 1999).⁴⁸

Se ha sugerido que el consumo de alimentos naturalmente enriquecidos en CLA puede ser de interés para aquellas personas que procuran una alimentación preventiva contra el cáncer sin cambiar radicalmente sus hábitos alimenticios, se ha informado también que el efecto anticancerígeno permanece intacto aún luego del procesamiento de la leche cruda lo que resulta relevante para la industria lechera en un marco de obtención de alimentos funcionales naturales ricos en dicha molécula (Stanton y otros, 2003).⁴⁹

Estudios sugieren la existencia de una asociación positiva entre el consumo de ácido linoleico conjugado y la disminución del riesgo de contraer cáncer mamario en mujeres postmenopáusicas, el trabajo mencionado concluye que al menos para este tipo de cáncer el consumo regular de productos alto CLA puede constituir una importante medida preventiva en el ser humano (Aro, Mannisto, Salminen, Ovaskainen, Kataja y Uusitupa, 2000).⁵⁰ En otro trabajo se informó sobre una disminución en la proliferación de células humanas cancerosas en función a diferentes dosis de leche bovina naturalmente enriquecidas con dicho ácido (O'Shea, Devery, Lawless, Murphy y Stanton, 2000).⁵¹ Un estudio realizado en Finlandia, 25 años de datos, 4697 mujeres censadas, demostró una asociación positiva entre el consumo de leche y la disminución del cáncer mamario, las mujeres con más alto consumo de leche presentaron un 66% menos de probabilidad de contraer cáncer mamario y esta

⁴⁷ Sanhueza, Julio, Nieto, Susana, Valenzuela, Alfonso, Ácido Linoleico Conjugado: Un ácido graso con isomería trans potencialmente beneficioso, Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, *Rev. Chilena Nutrición*, vol.29, N°2, agosto 2002. ISSN 0717-7518, en: <http://www.scielosp.org>.

⁴⁸ Ip, C, Snigh, M, Thompson, H.J, Scimeca, J.A, Conjugated linoleic acid suppresses mammary gland in the rat, 1994, *Cancer Res.*54, ISSN 1212-1215.

⁴⁹ Stanton, C, Murphy, J, McGrath, E, Devery, R, Animal feeding strategies for conjugated linoleic acid enrichment of milk, 2003, in: *Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food*, vol 2, J. L Sebedio, W.W Christie, R. Adloff. AOSS Press, Champaign, Illinois, Pp 123-145.

⁵⁰ Aro, A, Mannisto, S, Salminen, I, Ovaskainen, M.J, Kataja, V, Uusitupa, M, Inverse association between dietary and risk of breast cancer in postmenopausal women, 2000, *Nutr. Cancer* 38, ISSN 151-157.

⁵¹ O'Shea, M, Devery, R, Lawless, F, Murphy, J, Stanton, C, Milk fat conjugated linoleic acid (CLA) inhibits growth of human mammary MCF-7 cancer cells, 2000, *Anticancer Res.*20, ISSN 3591-3601.

conclusión no cambio cuando los datos fueron ajustados por covariable en función de números de parto, condición de fumador e índice de gordura. Los estudios sobre prevención del cáncer utilizando métodos in vivo o cultivos celulares in Vitro sugieren que el agente anticancerígeno activo de la leche sería sin dudas el CLA (Ip, Scimeca y Thompson 1995).⁵²

Un estudio realizado en Francia sobre el contenido de ácido linoleico conjugado en tejido adiposo mamario humano, con 261 mujeres con cáncer mamario localizado y 99 con tumores incipientes, reveló que el cis-9 trans-11 fue el isómero más abundante, 85% del total del CLA, el contenido de esta molécula fue mayor en el tejido adiposo mamario de mujeres sin cáncer lo que indicaría un efecto protector del cis-9 trans-11 sobre la enfermedad (Banni, Heys y Whale, 2003).⁵³

La acción citotóxica de los diferentes isómeros sintéticos de CLA sobre diferentes líneas de células tumorales humanas fue estudiada in vitro en el INRA de Clermeont-Ferrand Thiex. La potencia anticancerígeno fue evaluada a través de la cantidad de células cancerosas destruidas luego de 48hs de incubación de las mismas en presencia de una concentración 100mcg de los isómeros de ácidos grasos. Las diferentes líneas tumorales presentaron una sensibilidad diferente según el tipo de ácido graso considerado, las células cancerosas provenientes de tejido mamario, colon y pulmones presentaron una sensibilidad media mientras que las células prostáticas no presentaron sensibilidad a los distintos isómeros, las diferentes moléculas de ácido linoleico conjugado resultaron sistemáticamente cito-tóxicas, el porcentaje de efectividad resultó de 50%, 45%, 14% y 62% para células cancerosas provenientes de seno, pulmón, ovario y colon respectivamente.

Los CLA también pueden actuar como agentes co-terapéuticos en tratamientos anticancerígenos, la exposición de células mamarias cancerígenas humanas a dicho ácido graso previo a la administración de una droga anticancerígena redujo la cantidad necesaria de medicamento para alcanzar el 50% de la actividad inhibitoria, el resultado es de gran interés en tratamientos de quimioterapia ya que utilizar menores dosis de droga permitiría atenuar los efectos colaterales no deseados de las mismas sobre la salud humana(Banni y otros, 2003).⁵⁴

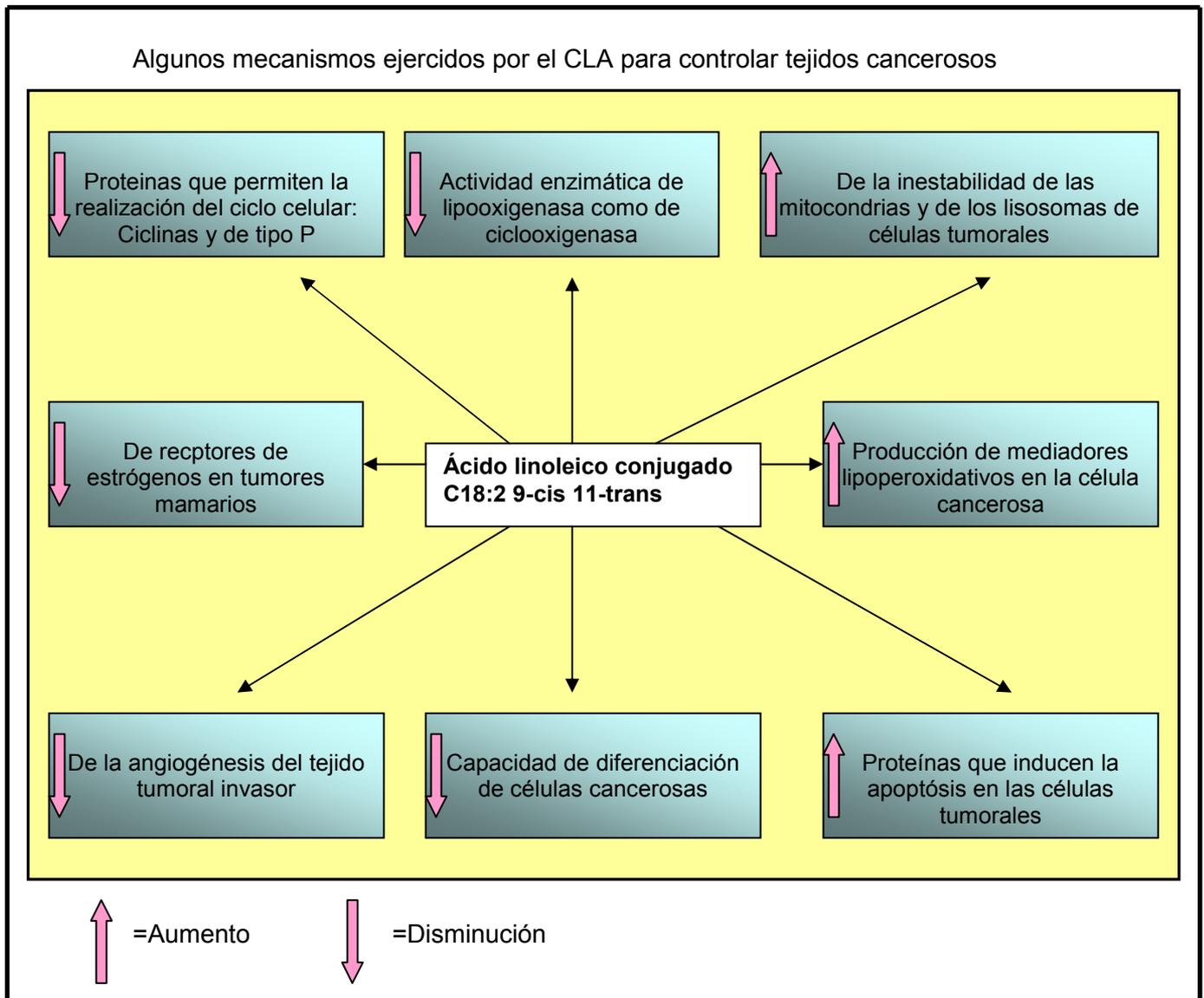
La siguiente figura resume las formas en las que dicha molécula podría controlar los procesos cancerosos.

⁵² Ip, C, Scimeca, J.A, Thompson, H, Effect of timing and duration of dietary conjugated linoleic acid on mammary cancer prevention, 1995, *Nutr. Cancer* 24, ISSN 241-247.

⁵³ Banni, S, Heys, S.D, Wahle, K.W.J, Conjugated linoleic acids as anticancer nutrients: Studies in vivo and cellular mechanisms, 2003. In: *Advances in conjugated Linoleic Acid Food*, vol 2, J.L, Sebedio, W.W, Christie, R, Adloff. AOCS Press, Champaign, Illinois, pp 267-282.

⁵⁴ Banni, S, ob.cit.,p 28.

Figura N°2



Fuente: Valenzuela, Alfonso.⁵⁵

Este ácido graso modula el desarrollo del cáncer desde la membrana celular, ya que al incorporarse a los fosfolípidos puede afectar la oxidación de otros ácidos grasos, la síntesis de distintos eicosanoides, la transducción de señales moleculares, y modificar la actividad de distintos receptores que conforman señales reguladoras de la expresión de genes. Trabajando con células de carcinoma mamario y colo-rectal humano, se ha demostrado que la mezcla de CLA 9c-11t: 10t-12c, es eficiente para inhibir la proliferación celular y la incorporación de leucina-H, uridina-H y timidina-H, lo

⁵⁵ Valenzuela, Alfonso, Ácido linoleico conjugado, sus efectos beneficios como un Alimento Funcional, Campaña Panamericana de consumo de lácteos, 2009, en: www.fepale.org/pdf/alfonso_valenzuela.pdf.

que probaría que el CLA disminuye la síntesis de proteínas, de ARN, y de ADN en este tipo de células. Resultados similares han sido observados en cultivos de células pulmonares humanas. El mecanismo de los efectos inhibitorios que ejerce el ácido graso sobre la diferenciación celular anormal, que finalmente conduce al desarrollo de un cáncer, cada vez va siendo desentrañado con mayor precisión. En general, las investigaciones han mostrado muchos mecanismos de acción de este ácido graso para controlar el cáncer, se observa que inhibe el inicio, la promoción y progresión del cáncer, inhibe la formación de prostaglandinas y la expresión de la enzima ciclooxigenasa 2, en cáncer mamario, además es capaz de inhibir la proliferación lateral del epitelio, y de inhibir la respuesta a receptores de estrógenos en este tipo de cáncer. Por otra parte, esta molécula inhibe la conversión del ácido linoleico en araquidónico mediante la actividad lipo-oxigenasa y ciclo-oxigenasa. Es decir, inhibe la producción de leucotrienos y prostaglandinas respectivamente, lo que se traduce en menor inflamación y proliferación en procesos tumorales. El ácido linoleico conjugado también inhibe la síntesis del factor de necrosis tumoral (TNF- α), un mediador clave en enfermedades como aterosclerosis, obesidad y cáncer.

Se ha observado también que las metaloproteinasas, como los factores de crecimiento vascular, son cruciales al momento de generar metástasis, y el aporte dietario de este ácido graso disminuye, la actividad de estas proteínas.

Durante la etapa de iniciación del cáncer el CLA actúa como iniciador de la oxidación, y por otra parte, inhibe la progresión del cáncer y las metástasis en modelos de trasplante de tumores, reduciendo la proliferación y bloqueando la síntesis de ADN.⁵⁶

Los CLA ejercen también propiedades curativas sobre otras enfermedades degenerativas como la aterosclerosis. Estudios conducidos sobre conejos (machos y hembras) demostraron que un consumo de 0,5g/día de CLA disminuía el colesterol total en plasma, el colesterol presente en las LDL y la concentración de triglicéridos plasmáticos. La relación entre el LDL y el HDL colesterol fue significativamente reducida en animales que consumieron este ácido (10,9) respecto a los control (15,5) lo que resulta favorable a la salud y el espesor de la placa aterosclerótica, en la aorta abdominal fue de un 27% menor para los animales que consumieron el ácido linoleico conjugado (Lee, Kritchevsky y Pariza, 1994).⁵⁷

Los animales experimentales (conejos) fueron alimentados durante 90 días con una dieta aterogénica conteniendo un 0,2% de colesterol con o sin agregado de CLA

⁵⁶ Valenzuela, Alfonso, ob.cit.p 29.

⁵⁷ Lee, K.N, Kritchevsky, D, Pariza, M.W, Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits, 1994, *Atherosclerosis*, 108, 19-25.

al 1% de la ración. Si bien no se detectaron diferencias significativas en los lípidos serales, los conejos suplementados con dicho ácido presentaron un 31% menos de severidad de ateromas en el arco aórtico y un 40% menos en la aorta torácica. El porcentaje de área arterial afectada resulta también menor en los conejos alimentados con CLA. Luego de 90 días de alimentación con la dieta aterogénica, se estudió también el efecto de la molécula sobre la progresión y regresión de las lesiones inducidas por la dieta con colesterol, alimentando a los animales afectados con una ración libre de colesterol y con el agregado de ácido linoleico conjugado y sin el agregado de este (control) durante otros 90 días (tabla N°2).

Tabla 2. Regresión de los parámetros aterogénicos en conejos con aterosclerosis establecida y alimentados durante 90 días con una dieta no aterogénica sin (control) o con 1% de ácido linoleico conjugado (CLA)

Variables	Control	CLA
Ganancia de peso, g	461	246
Peso del hígado, g	99	83
Hígado, % del peso	2,33	2,31
Suero, mg/ml		
Colesterol	73	140
%HDL-C	13,5	10,6
Triglicéridos	77	57
Ateroma en aorta (escala 0-4)		
Arco	2,35	1,65
Torácica	2,30	1,65
Área arterial afectada, %	51	34

Fuente: Kritchevsky, 2003.⁵⁸

En comparación a los resultados anteriores el colesterol sanguíneo representa un 83% el inicial en grupo Control y un 75% del inicial en el grupo CLA. El porcentaje de HDL colesterol aumenta en un 121% y en un 194% respectivamente. Los triglicéridos disminuyen en un 58% en los animales con el mencionado ácido graso y sin cambios aparentes en el control. El nivel de aterosclerosis prácticamente no cambia en los conejos control pero la severidad en el arco aórtico (-31%) y en la arteria aorta-torácica (-30%) se ve disminuida por el CLA en comparación con el control. El área arterial afectada resulta un 31% menor en los conejos consumiendo ácido linoleico conjugado.

⁵⁸ Kritchevsky, D, Conjugated linoleic acid in experimental atherosclerosis. In: *Advances in conjugated Linoleic Acid Food*, vol 2, J.L, Sebedio, W.W, Christie, R, Adloff. AOCS Press, Champaign, Illinois, pp 292-301.

Una vez comprobadas las propiedades antiaterogénicas, el siguiente paso es estudiar la dosis mínima efectiva capaz de prevenir la expresión de enfermedad. La alimentación aterogénica (dieta con 0,2% de colesterol) es acompañada de dosis crecientes de CLA (0,1; 0,5 ó 1% de la dieta).

Aún ante la dosis más baja la severidad de la aterosclerosis es disminuida tanto en el arco aórtico (-28%) como en la aorta torácica (-41%). Cuando se suministra al 0,5% y al 1% de la ración, la aterosclerosis resulta significativamente disminuida, y el porcentaje de colesterol esterificado en aorta presenta la misma tendencia. Los conejos con aterosclerosis establecida por la dieta con 0,2% de colesterol fueron posteriormente alimentados con una dieta no aterogénica más el agregado de 0,0 (control), 0,1; 0,5 ó 1% de ácido linoleico conjugado para estudiar la regresión de las lesiones inducidas (ateromas).

El agregado de CLA al 0,1 ó al 0,5% de la ración no tiene efecto sobre la severidad de la lesión. Al 1%, se reduce la severidad del ateroma de arco aórtico en un 27% y el de la aorta torácica en un 45% (Kritchevsky, 2003).⁵⁹

Estos resultados permiten concluir que los CLA ejercen un efecto protector aún a niveles tan bajos como 0,05% de la ración.

Para un humano que consume 0,5kg de materia seca por día la dosis protectora de 250mg de ácido linoleico conjugado sería perfectamente alcanzable. Los datos presentados demuestran la capacidad de esta molécula para inhibir la aterosclerosis inducida por el colesterol en conejos con la particularidad adicional de reducir las lesiones ya presentes en los tejidos aórticos como consecuencia de la ingesta de alimentos "alto colesterol".⁶⁰

En modelos experimentales de hipercolesterolemia, este ácido graso demuestra producir disminución de los niveles plasmáticos de colesterol, con respuestas muy similares a las que se obtienen con los ácidos grasos omega-3. En hamsters alimentados con dietas que aportan 0,06% a 1,1% de CLA, se produce una disminución progresiva, del colesterol-LDL, pero no del colesterol-HDL (Nicolisi, Rogers, Kritchevsky, Scimeca, Huth, 1997).⁶¹

Munday, J.S y otros⁶² en su trabajo proponen un modelo de estudio experimental de aterogenesis en ratones, reflejan que en estos animales, la suplementación de la

⁵⁹ Gagliostro, Gerardo. A, ob. cit., p.124-127.

⁶⁰ Ibid.

⁶¹ Nicolisi, R.J, Rogers, E.J, Kritchevsky, D, Scimeca, J.A, Huth, P.J, Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoprotein and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters, *Artery* 1997; 22, ISSN 266-277.

⁶² Munday J.S, Thompson K.G and James K.A. Dietary conjugated linoleic acids promote fatty streak formation in the C57BL/6 mouse atherosclerosis model. *Br J Nutr* 1999; 81, ISSN 251-255.

dieta aterogénica (aporta altas cantidades de colesterol y grasa saturada) con 2,5 g/Kg de ácido linoleico conjugado, produce una franca disminución del proceso aterogénico. Estos resultados, y muchos otros similares, han motivado atribuirle un efecto antiaterogénico, a través de su acción hipocolesterolémica e hipotrigliceridémica.⁶³

Yotsumoto et al.⁵⁶ also demonstrated that both isomers, cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 CLA, were equally effective in decreasing the synthesis of the cholesteryl ester enzymes in Hep G2 cells, although Noone et al.¹⁷ suggested that the cis-9, trans-11 isomer would be more potent in reducing the synthesis of this enzyme in vivo when they verified that the mixture of CLA containing a larger proportion of the cis-9, trans-11 CLA isomers led to the reduction of the concentration of VLDL-cholesterol. Por otra parte se demuestra que los dos isómeros, *cis-9*, *trans-11* y *trans-10*, *cis-12*, son igualmente eficaces en la disminución de la síntesis de las enzimas de ésteres de colesterol en el G2 células Hepáticas (Yotsumoto, H, Hara, E, Naka, S, Adlof, R.O, Emken, E,A, Yanagita, T).⁶⁴

Otro de los estudios que halla efectos favorecedores tras la ingesta de ácido linoleico conjugado sobre el colesterol total y el LDL fue el llevado a cabo por Blankson y colaboradores, estos autores realizaron un estudio unicéntrico, aleatorizado y doble ciego, controlado por placebo. Se conforman cinco grupos paralelos con 60 sujetos sanos de ambos sexos, y con un IMC comprendido entre 25 y 35 kg/m² siendo incluidos en el estudio de 12 semanas de duración. El grupo placebo ingiere 9gr de aceite de oliva diariamente, y los 4 grupos restantes se suplementan con 1,7; 3,4; 5,1 y 6,8 gr de CLA, respectivamente. En cuanto a los isómeros administrados, la preparación consiste en una mezcla de iguales cantidades de los isómeros *cis-9*, *trans-11* y *trans-10*, *cis-12*. Además, a los sujetos se les ofrece el seguimiento de un programa de entrenamiento, que es registrado como ligero o intenso. De los 60 participantes que son reclutados, 47 terminaron el estudio completo. Los análisis clínicos de laboratorio mostraron reducciones en el colesterol total y LDL en todos los grupos que consumieron ácido linoleico conjugado, aunque sólo fueron estadísticamente significativas en los dos grupos que fueron suplementados con dosis inferiores, 1,7 y 3,4 gr/día (Blankson, H, Stakkestad, JA, Fagertun, H, Tom, E, Wadstein, J, Gudmundsen, O, 2000).⁶⁵

Studies in humans confirmed the effects of CLA on the improvement in body composition and in the profile of plasmatic lipoproteins.^{16-19, 20-23} Los estudios en

⁶³ Sanhueza, Julio, Nieto, Susana, Valenzuela, Alfonso, ob.cit., p.10-11

⁶⁴ Yotsumoto, H, ob, cit., p.12-13.

⁶⁵ Blankson, H, Stakkestad, J.A, Fagertun, H, Thom, E, Wadstein, J, Gudmunds. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J Nutr* 2000; 130:2943-2948.

humanos confirman el efecto del CLA en la mejora del perfil de las lipoproteínas plasmáticas.

Studies on animals evidenced that CLA acts on the metabolism of plasmatic lipoproteins significantly reducing plasmatic cholesterol ^{4,9} and preventing the atherosclerosis induced by feeding. ^{13,15} In humans, a few studies evaluated the result of CLA supplementation in the metabolism of plasmatic lipoproteins. In a placebo-controlled study, Noone et al. ¹⁷ supplemented normolipidemic individuals with 3 g of CLA or placebo during eight weeks. En un estudio controlado con individuos hiperlipidemicos complementados con 3gr de ácido linoleico conjugado o placebo durante ocho semanas, se comprueba que el suplemento de dicho ácido lleva a una reducción significativa de la concentración de VLDL-colesterol y triglicéridos plasmáticos, sin alterar el contenido de colesterol HDL (Noone, E.J, Roche, H.M, Nugent A.P, Gibney, M.J).⁶⁶ The effect of dietary supplementation using isomeric blends of conjugated linoleic acid on lipid metabolism in healthy human subjects.

A pesar de las pocas investigaciones sobre el mecanismo de acción de este ácido graso en el metabolismo de las lipoproteínas plasmáticas, es probable que este lleve a cabo su función mediante la modulación del metabolismo de los ácidos grasos en el hígado.⁶⁷

Los CLA y principalmente el isómero *trans*-10, *cis*-12, han demostrado reducir la adiposidad en animales normales no diabéticos, ratones, ratas, hamsters, pollos y cerdos, (Terpstra, 2004)⁶⁸ Estos efectos positivos obtenidos en animales experimentales condujeron a la hipótesis de que dicha molécula podría constituir una herramienta valiosa para el manejo del peso corporal en el ser humano. Cabe también interrogarse sobre la capacidad de reducir el peso y la masa adiposa corporal en el ser humano como elemento atenuador de la diabetes tipo 2. Bajo la hipótesis de que este ácido graso reduce la masa adiposa en mamíferos se han diseñado experimentos para investigar el rol en la prevención de la diabetes tipo 2

⁶⁶ Noone, E.J, Roche, H.M, Nugent, A.P, Gibney, M.J. The effect of dietary supplementation using isomeric blends of conjugated linoleic acid on lipid metabolism in healthy human subjects. *British Journal of Nutrition* 2002; 88: 243-251.

⁶⁷ Baddini Feitoza, A, Fernández Pereira, A, Ferreira Da Costa, N, Goncalves Ribeiro, B, Conjugated linoleic acid (CLA): effect modulation of body composition and lipid profile. *Nutr. Hosp.* [online]. 2009, vol.24, n.4 [citado 2011-05-31], pp. 422-428, en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S021216112009000400005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0212-1611.

⁶⁸ Terpstra, A.H.M, 2004, Effect of conjugated linoleic acid on body composition and plasma lipids in humans: an overview of the literatura. *Am, J, Clin, Nutr*, 79,352-361.

utilizando como modelo experimental la rata obesa-diabética llamada Zucker. Este tipo de animal es el modelo elegido para el estudio de fenómenos de prediabetes asociados a la obesidad ya que junto a la misma desarrollan resistencia a la insulina y disfunción de las células β . Una mezcla de isómeros (42% *cis*-9 *trans*-11 y 41% *trans*-10 *cis*-12) suministrados a razón de 1,5gr/día implica una reducción significativa de la insulina plasmática, triglicéridos, de los ácidos grasos circulantes, del consumo de alimento y de la hormona leptina. La concentración sanguínea de glucosa en condiciones de ayuno es disminuida. Estos resultados positivos no son sin embargo obtenidos cuando los animales reciben una manteca natural alto CLA conteniendo en forma esterificada el isómero *cis*-9 *trans*-11 en un 90%(Belury, 2003).⁶⁹ Resulta por lo tanto muy probable que sea el isómero *trans*-10 *cis*-12 el realmente involucrado en la prevención o retraso del desarrollo de diabetes tipo2 al menos en este modelo experimental.⁷⁰

Con el fin de estudiar su efecto sobre el metabolismo corporal, West, D.B y otros⁷¹, administran a ratones obesos de la cepa AKR/J dietas de alto contenido graso (un 45% de la energía total) y otras de bajo contenido graso (un 15% de la energía total) suplementadas con un 1,2 o un 1% de CLA, respectivamente; al cabo de 6 semanas aprecian una disminución de la ingesta de energía y del depósito de grasa en el tejido adiposo, así como un incremento de la velocidad metabólica y del cociente respiratorio, efectos que repercuten en una disminución significativa del peso de los animales.⁷²

En el primer ensayo en humanos conducido en Noruega durante 12 semanas participaron individuos sanos y activos de un peso vivo normal. El grupo control recibe aceite de oliva y el otro grupo es suplementado con 1,8gr/d de una mezcla de ácido linoleico conjugado comercial (Tonalin). Se observa que el ácido graso en estudio indujo una disminución en el porcentaje y en la cantidad de grasa corporal. El sexo no tuvo influencia en la respuesta (Tom, E, 2001).⁷³ Los investigadores Noruegos condujeron un segundo ensayo de 12 semanas de duración pero esta vez con varias dosis de CLA sobre personas obesas. La cantidad de grasa corporal

⁶⁹ Belury, M.A, 2003, Conjugated linoleic acid in type diabetes melitus: implications and potencial mechanisms. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food, vol 2*, J.L, Sébédio, W.W, Christie, R, Adloff (Eds). AOCS Press, Champaing, Illinois, pp 302-315.

⁷⁰ Gagliostro, Gerardo. A, ob.cit.,p 127-128.

⁷¹ West, D.B, Delany, J.P, Camet, P.M, Blohm, F, Truett, A, Scimeca J, Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am J Physiol*, 1998;275:667-72.

⁷² Haro, Ana María, Reyes, Artacho, Cabrera Vique, Carmen, 2006, Acido linoleico conjugado: interés actual en nutrición humana, *Med Clin Barcelona*; 127(13):508, en: <http://www.scielosp.org>.

⁷³ Tom, E. et al, Conjugated linoleic acid reduces body fat in healthy exercising humans, *J Int Med Res* 2001;29:392-396.

resulta menor en los individuos que recibieron 3,4 ó 6,8 gr/d (Blankson, H, Stakkstad, J, Fagertun, H, Thorn, E, Wadstein, J, Gudmunson, O, 2000).

La conclusión fue que una dosis diaria de 3,4gr durante 12 semanas resultaría suficiente para reducir la masa adiposa en humanos obesos o con sobrepeso.⁷⁴

Un experimento posterior realizado por Zambell, K.L y otros, conducido en USA, UDSA Western Human Nutrition Resecar Center, San Francisco, con mujeres normales no permite confirmar los efectos encontrados con el ácido graso comercial (Tonalin) en el trabajo noruego. En este estudio americano, pudo comprobarse también que los ácidos linoleicos conjugados no modificaron ni la tasa metabólica, ni la oxidación total de lípidos, la tasa de lípidos, la liberación de ácidos grasos desde el tejido adiposo o la reesterificación aparente de los ácidos grasos sea en estado de reposo o en ejercicio por parte de los voluntarios.⁷⁵

El siguiente experimento se condujo en Suecia, Uppasala University, y tuvo una duración de 3 meses. El aporte de CLA reduce el porcentaje de grasa corporal en un 1,1% sin cambios en el peso corporal. La pérdida de grasa corporal fue en promedio de 0,7kg en el grupo con dicho ácido graso y de 0,2 en el control (Smedman, A, Vessby, B, 2001).⁷⁶

Knowler, W.C y otros⁷⁷ realizan un experimento en Suecia durante 4 semanas sobre hombres con obesidad abdominal. El diámetro sagital abdominal resulta ligeramente reducido en los pacientes del grupo con el ácido graso, sin una concomitante reducción en los niveles circulantes de insulina y glucosa. La conclusión es que la reducción en la grasa visceral no resulta lo suficientemente importante como para aportar valor terapéutico.

Un estudio final de larga duración, 6 meses, en la Universidad de Wisconsin-Madison, USA, no muestra ningún efecto aparente del CLA sobre la composición corporal (Whigham, L.D, Watras, A.C, Schoeller, D.A, 2002).⁷⁸

El rol de los CLA como reguladores del peso, de la composición corporal y de la diabetes tipo2 asociados a cuadros de obesidad parece ser bastante complejo.⁷⁹

⁷⁴ Blankson, H, Stakkstad, J, Fagertun, H, Thom, E, Wadstein, J, Gudmunson, O, Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans, *J, Nutr*, 130, 2943-2848.

⁷⁵ Zambell, K.L, Keim, N.L, Van Loan, M. D, Gale, B, Benito, P, Kelley D, Nelson, G.J, Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on body composition and energy expenditure. *Lipids*, 35, 777-782.

⁷⁶ Smedman A, Vessby, B, Conjugated linoleic acid supplementation in humans – metabolic effects. *Lipids*, 2001;36(8):773-81.

⁷⁷ Knowler, W.C, Barrett-Connor, E, Fowler, S.E, Hamman, R.F, Lachin, J. M, Walker, E.A, Nathan, D.M, Diabetes Prevention Program Research Group, *N Engl J Med* 2002; 346:393-403.

⁷⁸ Whigham, L.D, Watras, A.C, Schoeller, D.A, Efficacy of conjugated linoleic acid for reducing fat mass: a meta-analysis in humans, *Am.J Clin Nutr* 2002; 85:1203-1211.

⁷⁹ Gagliostro, Gerardo. A, ob.cit.,p 132-133.

Las discrepancias en los resultados pueden guardar relación con múltiples factores, como el tipo de isómeros utilizados, la dosis, la situación previa de salud, el control de la ingesta oral durante el período de estudio y, sobre todo, la duración del tratamiento, ya que se observan variaciones entre 4 semanas y 2 años.

De los estudios controlados sobre el uso de suplementos de CLA en humanos publicados hasta el momento, se pueden extraer las siguientes conclusiones, algunos de estos estudios no documentan cambios significativos en la pérdida de peso o en la modificación de la composición corporal, otros señalan cambios en la masa libre de grasa, sobre todo con ejercicio físico asociado, y la mayoría de los estudios muestran, en individuos con peso normal, una disminución significativa de la masa grasa corporal, aunque no coinciden en las dosis administradas, duración del tratamiento y métodos de medida. En individuos con sobrepeso se observa una disminución significativa de la masa grasa, que no se recupera tras la ingesta de dietas hipocalóricas o tras la utilización de placebo. En personas obesas, 3 de cada 4 estudios documentan una disminución de la masa grasa corporal (3,7-11%), siempre asociada a ejercicio físico. En presencia de síndrome metabólico se observa una disminución de la masa grasa abdominal, que no se acompaña, en cambio, de una mejoría en otros parámetros clínicos.⁸⁰

Tabla 3. Resumen de los estudios clínicos que evaluaron los efectos del ácido linoleico conjugado (CLA) sobre la composición corporal en humanos.

Dosis de CLA (g/d)	Sexo	Edad (años)	BMI Kg/m ²	BMC (kg)	BFC (%)	Cambio de grasa corporal(kg)
Control (1)	5 H, 5 M	28 + - 3	23 + - 2	+ 0,2	+ 0,4	+0,4
1,8	5 H, 5 M	28 + - 3	23 + - 3	- 1,9	- 4,3*	- 3,4*
Control (2)	2 H, 8 M	44 + - 13	28 + - 2	+ 1,4	+ 1,2	+ 1,5
1,7	4 H, 8 M	47 + - 14	30 + - 3	- 0,4	- 1,1	- 1,2
3,4	3 H, 5 M	43 + - 10	28 + - 2	- 0,4	- 2,0*	- 1,7*
5,1	4 H, 7 M	48 + - 11	29 + - 3	- 0,1	- 0,4	- 0,4
6,8	4 H, 7 M	44 + - 13	30 + - 3	- 0,8	- 1,1*	- 1,3*
Control (3)	7 M	29 + - 7	22 + - 3	+ 0,5	+ 0,1	+ 0,01
3,9	10 M	27 + - 6	23 + - 2	- 0,2	- 0,7	- 0,2
Control (4)	10 H, 14 M	48 + - 10	25 + - 4	+ 0,2	- 0,4	- 0,2
4,2	15 H, 11 M	43 + - 13	26 + - 4	+ 0,4	- 1,1*	- 0,7*
Control (5)	10 H	52 + - 8	32 + - 2	- 0,4	¿?	¿?
4,2	14 M	54 + - 6	32 + - 3	- 0,3		
Control (6)	¿?	¿?	¿?	- 2,5	- 0,2	- 1,0
2,7	¿?	¿?	¿?	- 2,5	0,0	- 1

H = Hombre, M = Mujer; BMI = Índice de masa corporal; BMC = Cambio de masa corporal; BFC = Cambio de grasa corporal; ¿? = no informado

* Diferencia significativa respecto al Control, p <0,05.

⁸⁰ Gómez, Candela. C, El papel del CLA o ácido linoleico conjugado sobre la masa grasa corporal, *Nutrición y Dietética*, 2004;1:75-83.

(1) Tom y otros, 2001. (2) Blankson y otros, 2000. (3) Zambell y otros, 2000. (4) Smedman y otros, 2001. (5) Diabetes Prevention Program Research Group, 2002. (6) Whigam y otros, 2002.

Fuente: Keim, N.L., 2003.⁸¹

El efecto lipolítico del ácido linoleico conjugado se relaciona principalmente con el isómero *trans*-10,*cis*-12, que presenta un importante efecto inhibitorio de la lipoproteinlipasa, enzima que se encarga de hidrolizar los ácidos grasos desde triglicéridos contenidos en las VLDL (lipoproteínas de muy baja densidad) y quilomicrones, con lo cual el aumento de la actividad de la enzima se asocia con la obesidad y con procesos aterogénicos. Por el contrario, la disminución de la actividad de dicha enzima demora la utilización de las VLDL en los tejidos periféricos y su transformación en LDL (lipoproteínas de baja densidad).

Otro de los efectos que se asociaría a dicho isómero es un aumento de la actividad de la carnitina-palmitoiltransferasa I, enzima que limita la entrada de ácidos grasos de cadena larga al interior de la mitocondria para su posterior oxidación.⁸²

De esta manera se incrementaría la betaoxidación en el músculo esquelético favoreciendo la movilización del tejido adiposo, a la vez que se preservan las reservas proteicas, así se podría explicar la reducción del peso corporal. La inhibición de la actividad de la enzima lipoproteinlipasa también podría estar involucrada en el efecto modulador del peso corporal, ya que disminuiría la biodisponibilidad de los ácidos grasos hacia los tejidos extrahepáticos.⁸³

Puede concluirse que el efecto y significancia del consumo de mezclas de CLA o de su isómero *trans*-10, *cis*-12 en el ser humano como medida preventiva de cuadros de resistencia a la insulina, diabetes o reducción de la masa adiposa del organismo debe ser tomada con mucha reserva y debe ser investigada con mayor atención. El efecto adelgazante o reductor de grasa corporal no ha sido aún confirmado en el ser humano y los resultados son aún insuficientes y contradictorios para obtener una conclusión válida.⁸⁴

Este ácido graso también tiene un efecto importante en la homeostasis de la glucosa y la sensibilidad a la insulina, retarda el inicio de la diabetes en ratas Zucker

⁸¹ Keim, N.L., Conjugated linoleic acid in type diabetes melitus: implications and potencial mechanisms, 2003, In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food, vol 2*, J.L, Sébédio, W.W, Christie, R, Adloff (Eds). AOCS Press, Champaign, Illinois, pp 317-324.

⁸² Pariza, M. W, Park Y, Cook, M.E, The biologically active isomers of conjugated linoleic acid, *Prog Lipid Res.* 2001;40:283-98.

⁸³ Haro, Ana María, ob.cit.,p. 512.

⁸⁴ Gagliostro, Gerardo. A, ob.cit.,p 132-133.

diabéticas, además, conduce a la normalización del daño por glucosa en una prueba de tolerancia a la glucosa. Los datos sugieren que es capaz de retardar la diabetes a través de un mecanismo en el cual el tejido adiposo es el tejido blanco en modelo experimental animal. Belury, M.A.⁸⁵, investigaron en personas con diabetes mellitus tipo 2 suplementadas con ácido linoleico conjugado 6gr/día y otras con placebo durante 8 semanas, mostraron que en el grupo administrado con dicha molécula decreció la glucosa en sangre rápidamente en forma significativa y ejerció una modesta disminución de la insulina en plasma.

Se descubre indirectamente que el isómero *trans*-10, *cis*-12 quizá ejerza un efecto más potente que el *cis*-9, *trans*-11, reduciendo el peso corporal y leptinas séricas. La reducción del peso corporal fue significativamente correlacionada con la reducción rápida de los niveles de glucosa en sangre. Se sugiere que el mejoramiento de los niveles de glucosa en sangre, quizá ocurra a través de la disminución del peso corporal y/o alterando la composición corporal.⁸⁶

The antidiabetic effects of dietary CLA were examined in studies with the Zucker Diabetic Fatty fa/fa (ZDF/GMI) rat ([8](#) , [13](#)), a model for obesity and type 2 diabetes. Los efectos antidiabéticos de la dieta de CLA fueron examinados en los estudios ratas Zucker (ZDF), un modelo para la obesidad y la diabetes tipo 2. The ZDF rat (mutation in the leptin receptor) has obesity and hyperglycemia at an early age (7–8 wk) Feeding 1.5% CLA (50:50 product) to 6-wk-old ZDF rats for 14 d normalized impaired glucose tolerance and attenuated fasting hyperinsulinemia and free fatty acid concentrations in male ZDF rats ([13](#)). La alimentación de 1,5% de CLA durante 14 días a las 6 semanas de edad las ratas ZDF, normalizaron la tolerancia alterada a la glucosa y la hiperinsulinemia en ayunas atenuada (Houseknecht, K.L, Vanden Heuvel, J.P, Moya Camarena, S.Y, 1998).⁸⁷ Similar results were obtained when these rats were treated with troglitazone (TRO), an insulin-sensitizing thiazolidinedione that activates peroxisome proliferator-activated receptor-γ (PPARγ).

En un estudio posterior, Ryder, J.W y otros⁸⁸ encuentran que un 1,5% de mezcla de isómeros por 14 días, reduce la adiposidad, la glucosa en ayunas, la insulina,

⁸⁵ Belury, M.A, Inhibitor of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: potential mechanisms of action, *J.Nutr*, 2002b, 132:2995-8.

⁸⁶ Lopes do Nascimento, P.M, Baldini Farjalla, Y, Sosa Valenzuela, A.R, Contenido de ácidos grasos y conjugados del ácido linoleico en carne de bovinos, *Rev. electrón. Vet*, vol. 10, N° 10, Octubre, 2009, en:

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> - <http://revista.veterinaria.org>

⁸⁷ Houseknecht, K.L, Vanden Heuvel, J.P, Moya Camarena, S.Y, et al, Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa rat, *Biochem Biophys Res Comm* 1998;244:678–82.

⁸⁸ Ryder, J.W, Portocarrero, C.P, Song, X.M, et al, Isomer-specific antidiabetic properties of conjugated linoleic acid, Improved glucose tolerance, skeletal muscle insulin action and UCP2 gene expression, *Diabetes* 2001;50:1149–57.

ácidos grasos libres, tolerancia a la glucosa y aumenta la sensibilidad a la insulina en el músculo esquelético en comparación con el control de ratas ZDF. The pair-fed rats had a glucose tolerance response that was intermediate between the CLA mixture and control groups; thus, the lower body weight of the CLA mixture group contributed in part to their improved response.

Sin embargo otra investigación llevada a cabo por Roche, H.M y otros⁸⁹ informó divergentes efectos metabólicos en ratones ob / ob (deficiencia de leptina debido a la mutación en el gen *ob*). Feeding *c 9, t 11* for 4 wk did not change body weight, serum glucose, or insulin; however, serum triacylglycerols and free fatty acids were reduced (27% and 22%, respectively) compared with ob/ob mice fed the control diet. Se alimentaron con el isómero *cis-9 trans-11*, durante 4 semanas, en los mismos no se observa cambios en el peso corporal, glucosa sérica, o la insulina, aunque los triglicéridos séricos y ácidos grasos libres se reducen (27% y 22%, respectivamente) en comparación con los ratones ob / ob alimentados con la dieta control.⁹⁰

En individuos obesos con un alto riesgo cardiovascular, otro estudió comprobó que la suplementación tanto del isómero *trans-10, cis-12* como del isómero *cis-9, trans-11* (3 gr/día) se relaciona con un aumento de resistencia a la insulina y con un aumento de la peroxidación lipídica (Riserus, U, Vessby, B, Arnlov, J, Basu, S, 2004).⁹¹

Existe información contradictoria sobre que el CLA podría ser el responsable de la tolerancia a la glucosa y el metabolismo lipídico alterado en los roedores. Todavía son necesarios más trabajos que identifiquen el papel de esta molécula en el mejoramiento de la sensibilidad a la insulina. It has been demonstrated that a CLA mixture (50:50 product), but not *c 9, t 11*, improves glucose tolerance in ZDF and fa/fa Zucker rats (Yurkova et al, unpublished observation, 2003) ([8](#) , [13](#) , [14](#)). The different responses of normal compared with insulin-resistant obese rodents suggest that further investigation is required to understand the mechanisms by which specific CLA isomers influence the cellular factors that determine onset of metabolic sy⁹²

Los efectos sobre el sistema inmune constituyen conocimientos más recientes y se refieren, principalmente en el estímulo que ejerce en la síntesis de

⁸⁹ Roche, H.M, Noone, E, Setter, C, et al, Isomer-dependent metabolic effects of conjugated linoleic acid. Insights from molecular markers sterol regulatory element-binding protein-1c and LXR, *Diabetes* 2002; 51:2037–44.

⁹⁰ Taylor, Carla.G, Zahrada, Peter, Dietary conjugated linoleic acid and insulin sensitivity and resistance in rodent models, *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 79, No. 6, 1164S-1168S, June 2004, en:

<http://www.ajcn.org/cgi/content/full/79/6/1164s>.

⁹¹ Riserus, U, Vessby, B, Arnlov, J, Basu, S, Effects of *cis-9,trans-11* conjugated linoleic acid supplementation on insulin sensitivity, lipid peroxidation, and proinflammatory markers in obese men, *Am J Clin Nutr*, 2004;80: 279-83.

⁹² Taylor, Carla.G, ob.cit.,p 56.

inmunoglobulinas, IgA, IgG, IgM y a la disminución significativa de los niveles de IgE, por lo cual se presume que podría tener efectos favorables en la prevención y/o tratamiento de ciertas alergias alimentarias.

Una dieta que contiene un 1% de esta molécula produce un efecto protector de la acción mitogénica de las fitohemoaglutininas y de la concanavalina A en las ratas, respuesta que es más efectiva cuando se trata de animales jóvenes.⁹³

Una observación interesante es la demostración del efecto protector que ejerce en la anorexia inducida por endotoxinas en las ratas, acción que se refleja en la prevención de la detención del crecimiento de los animales por efecto de las toxinas (Millar, C.C, Park, Y, Pariza, M.W, Cook, M.E, 1994).⁹⁴ Las acciones sobre el sistema inmune atribuidas al ácido linoleico conjugado guardan estrecha relación con su efecto en la prevención del desarrollo de ciertos cánceres.⁹⁵

Hoy esta relativamente bien establecido que el CLA produce modificaciones en las acciones del sistema inmune de varias especies animales, por ejemplo en aves, roedores, cerdos, y también en el humano. Las observaciones recientes demuestran que los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y el *trans*-10, *cis*-12 tienen distintos efectos en el sistema inmune.

También se ha observado que regula la diferenciación de células inmunes. La suplementación de ratas con dicho ácido graso durante 10 semanas, produce una mayor resistencia a la infección con el virus de la influenza.⁹⁶

Los CLA reducen en ratones con lupus la caquexia inmune y autoinmune inducida, logrando el aumento de la longevidad. El isómero *cis*-9, *trans*-11 suprime a los lipopolisacáridos que es un factor que induce a la necrosis del tumor, tanto *in vivo* como *in vitro*. En ratones alimentados dicho ácido graso, se suprimieron sus macrófagos residentes en peritoneo, los lipopolisacáridos y la producción de óxido nítrico mientras que la interleucina4 decreció en bazo, y se incremento la interleucina2. Estos resultados podrían decir que los linfocitos de los ratones presentaron un cambio del perfil de citosina Th-1 y podría explicar la reducción en la producción de IgE. El inherente enlace de los efectos de los CLA en las funciones inmunológicas es el ácido eicosanoico precursor de las prostaglandinas y leucotrienos (Cook, M.E., Whigham, L.E, Yang, M, Devoney, D, Pariza, M.W, 2002).⁹⁷

⁹³ Hayek, M.G, ob.cit.p 22.

⁹⁴ Millar, C.C, Park, Y, Pariza, M.W, Cook, M.E, Feeding conjugated linoleic acid to animal partially overcomes catabolic responses due to endotoxin injectio, *Biochem Biophys Res Commun* 1994; 198: 1107-1112.

⁹⁵ Sanhueza, Julio, Nieto, Susana, Valenzuela, Alfonso, ob.cit., p.22-23.

⁹⁶ Valenzuela, Alfonso, ob.cit., p 14.

Un estudio reciente llevado a cabo por Bassaganya Riera y otros⁹⁸ examinó los efectos de CLA en la infectividad viral en un modelo porcino de la inmunosupresión inducida por virus. After infection with type-2 porcine circovirus (PCV2), we examined the effect of CLA on the development of lesions (ie, lymphoid depletion and pneumonia) and the kinetics of cellular and antibody responses against PCV2. Después de la infección por circovirus porcino tipo 2 (PCV2), se examinó el efecto del ácido graso en el desarrollo de las lesiones, es decir, el agotamiento linfoide y neumonía, y la cinética de la respuesta celular y de anticuerpos frente a PCV2. The infection with PCV2 induced a depletion of B cells, which was more accentuated in pigs fed the control diet, in which IL-2 mRNA expression was down-regulated. La infección por el virus indujo una disminución de las células B, que fue más acentuada en los cerdos alimentados con la dieta de control. The histopathologic examination of the lungs revealed that the interstitial pneumonia tended to be more severe in infected pigs fed the control diet, which were also affected by growth retardation ([51](#)). El examen histopatológico de los pulmones revela que la neumonía intersticial tiende a ser más severa en los cerdos infectados que reciben la dieta control, que también se vieron afectados por el retraso del crecimiento. These histopathologic improvements correlated with greater numbers of CD8⁺ T cells in PCV2-infected pigs fed CLA ([51](#)). Estas mejoras histopatológico se correlacionan con un mayor número de linfocitos T CD8⁺ en cerdos infectados con PCV2 alimentados con el ácido en estudio.

O'Shea, M y otros⁹⁹ evaluaron en humanos la respuesta inmune humoral y celular a los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12, en proporciones de 50:50 y 80:20 respectivamente. Se suplementó con 1, 7gr/día durante 12 semanas, se utilizó la vacuna contra hepatitis B como modelo infeccioso para investigar la respuesta inmune. El resultado en el día 85, de la concentración de anticuerpos en suero fue dos veces más altas en sujetos que consumieron 50:50. Este es el primer estudio en humanos donde se muestran claramente la estimulación de la respuesta humoral por parte de esta molécula.¹⁰⁰

⁹⁷ Cook, M.E., Whigham, L.E, Yang, M, Devoney, D, Pariza, M.W, Regulation of inducible prostanoids and leukotrienes by conjugated linoleic acid (CLA), 2000, *Am. Chem. Soc. 220th Nat. Meeting*. Aug 20-24. Abstract AGFD-10.13.

⁹⁸ Bassaganya Riera, P, Pogranichniy, R.M.J, Jobgen, S.C et al., Conjugated linoleic acid ameliorates viral infectivity in a pig model of virally induced immunosuppression. *Ácido linoleico conjugado aminora la infectividad viral en un modelo porcino de la inmunosupresión inducida por virus*, *J Nutr* 2003; 133:3204–14. [Abstract/ Free Full Text] *J Nutr*, 2003; 133:3204-14.

⁹⁹ O' Shea, M, Bassaganya Riera, J, Mohece, I.C, Immunomodulatory properties of conjugated linoleic acid, 2004, *Am J Clin Nutr* 79, 1199S-1206S, en: <http://www.ajcn.org/content/79/6/1199S.full>.

¹⁰⁰ Lopes do Nascimento, ob.cit., p 83.

In addition, the increase in CD8⁺ T cells is consistent with the results of previous studies in pig models of immunomodulation (25 - 27). Isolated splenocytes from CLA-fed animals had decreased IL-4; however, when stimulated with Con A for 44 h, IL-2 and the IL-2 to IL-4 ratio were elevated (46). Estos resultados han permitido a los investigadores sugerir que la suplementación con ácido linoleico conjugado, junto con la vacunación, es un buen co-ayudante que permite responder con más eficiencia al sistema inmune, sobre todo en individuos de la tercera edad, los que en forma natural tienen deprimida su respuesta inmune.¹⁰¹

This study investigated the effect of dietary CLA supplementation (3g/day; 50:50 mix of the two major isomers) on the immune system and plasma lipids and glucose of healthy human (male and female) volunteers. Otro estudio de carácter doble ciego, aleatorizado, investigó el efecto de la dieta suplementada con ácido linoleico conjugado, 3gr/día; mezcla 50:50 de los dos isómeros principales *cis9- trans11* y *trans10- cis12*, en el sistema inmune, en los lípidos del plasma y en la glucosa de humanos sanos, hombres y mujeres, voluntarios.

Design: Double-blind, randomized, reference-controlled study. Subject and intervention: A total of 28 healthy male and female participants aged 25–50 y received either high oleic sunflower oil (reference) or 50% CLA 9–11 and 50% CLA 10–12 CLA isomers (50:50 CLA-triglycerOPppp Participaron un total de 28 personas del sexo masculino y sexo femenino entre 25 a 50 años, un grupo recibió aceite de girasol alto oleico, de referencia, y otro grupo CLA. The treatments were given as supplements in soft-gel capsules providing a total 3 g (6 Los tratamientos fueron dados como suplementos en cápsulas de 3gr/d500 mg capsules) per day in treatment groups for 12 weeks. en los grupos de tratamiento durante 12 semanas. A 12-week washout period followed the intervention period.

Levels of plasma IgA and IgM were increased ($P < 0.05$ and 0.01 respectively), while plasma IgE levels were decreased ($P < 0.05$). Los niveles en plasma de IgA e IgM se incrementan, mientras que los niveles plasmáticos de IgE se reducen, en ambos grupos.

El grupo CLA supplementation also decreased the levels of the proinflammatory cytokines, TNF-suplementado con el ácido linoleico conjugado también disminuye los niveles de las citoquinas proinflamatorias, el TNF- α and IL-1 (factor de necrosis tumoral) y la IL-1 β (interleuquina) ($P < 0.05$), but increased the levels of the anti-inflammatory cytokine, IL-10 ($P < 0.05$)., aumenta los niveles de la citoquina anti-inflamatoria, la IL-10.

¹⁰¹ Valenzuela, Alfonso, ob.cit., p 15.

Another aspect of immune function, delayed type hypersensitivity (DTH) response, was decreased during and after CLA supplementation ($P < 0.05$). Otro aspecto de la función inmune, que se estudió fue el tipo de hipersensibilidad retardada de respuesta (DTH), el cual se reduce durante y después de la suplementación de CLA. En el mismo estudio, se observa también una tendencia de dicha molécula para aumentar la proporción de linfocitos T cooperadores y la disminución de linfocitos T citotóxicos.¹⁰²

Varios mecanismos se proponen como base de los efectos moduladores de este ácido graso en el sistema inmunológico. With focus on the effects of basal mediators of immunity discussed earlier, it was hypothesized by Pariza et al (52) that CLA could have a modulating effect on TNF- α by altering eicosanoid signaling. Con especial atención a los efectos de los mediadores de la inmunidad basal, se planteó la hipótesis que podría tener un efecto modulador sobre el TNF- α mediante la alteración de la señalización de eicosanoides. Altered eicosanoid signaling could, in turn, affect a range of biological activities, such as cytokine synthesis and immune functions, including antigen presentation. La alteración de eicosanoides de señalización podría, a su vez, afectar a una amplia gama de actividades biológicas, como la síntesis de citoquinas y las funciones inmunes, incluyendo la presentación de antígenos (Pariza, M.W, Park, Cook, M.E, 2000).¹⁰³ This hypothesis (52) is in agreement with that of Li and Watkins (31) with regard to the potential mechanism by which dietary CLA exerts its chemoprotecti

El trabajo futuro en esta área podría dar lugar a productos que aumentan la inmunidad, tales como los suplementos y nuevos alimentos funcionales enriquecidos con esta molécula destinados a paliar los efectos negativos de los desequilibrios inmune tales como alergias, reacciones inflamatorias, y la prevención de infección y aumento de la resistencia, tanto para las personas inmunodeprimidas como para las saludables.¹⁰⁴

La información sobre el posible efecto antioxidante atribuido al ácido linoleico conjugado es menos clara y más controversial que las acciones biológicas ya descritas. Dependiendo del modelo de estudio, es el efecto observado. En modelos *in*

¹⁰² Song, H.J, Beca, I, Rotondo, D, Mohede, M.E, Sattar, N, Heys, S.D, Whale, K.W.J, Efecto de la suplementación con CLA en la función inmune en voluntarios jóvenes sanos, *European Journal of Clinical Nutrition*, 2005, 59, 508-517. doi:10.1038/sj.ejcn.1602102, en:doi:10.1038/sj.ejcn.1602102 Published online 12 January 2005 <http://www.nature.com/ejcn/journal/v59/n4/abs/1602102a.html>

¹⁰³ Pariza, M.W, Park, Y, Cook, M.E, Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation, Mecanismos de acción del ácido linoleico conjugado: la evidencia y la especulación, *Proc Soc Exp Biol Med* 2000; 223:8-13. [Abstract/ Free Full Text] *Soc Exp Biol Actas MED* 2000; 223:8-13

¹⁰⁴ O'Shea, M, Bassaganya-Riera, J, Mohece, C.M, Inge, ob.cit., p 40.

vivo produce una disminución significativa de los niveles de peróxidos y de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, dos procedimientos analíticos utilizados para evaluar efectos de antioxidantes o de inhibidores del estrés oxidativo (Pariza, M.W, Park, Y, Cook, M.E, 2001).¹⁰⁵

Entre los estudios que demuestran la actividad antioxidante, se destaca el de Yeong, L.H y otros¹⁰⁶, en el cual se realizó un primer ensayo, utilizando una mezcla de ácido graso, tampón fosfato, agua bidestilada y etanol, los autores encontraron que la peroxidación *in vitro* de ácido linoleico conjugado fue sensiblemente menor a la del ácido linoleico. Los mismos autores también compararon en otro ensayo la actividad antioxidante *in vitro* de dicha molécula frente a otras sustancias antioxidantes como el ácido ascórbico, el α -tocoferol y BHT (butilhidroxitolueno), utilizando como sustrato ácido linoleico y sulfato amónico ferroso como oxidante. Los resultados muestran que el ácido linoleico conjugado presenta menor tendencia a la oxidación que el ácido linoleico.

En cuanto a la acción antioxidante, se constata que era más potente que la del α -tocoferol y equivalente a la del BHT. La dosis más baja ensayada (375 μ mol) resulta ser la más efectiva, mientras que a concentraciones más elevadas el CLA muestra una actividad antioxidante menor.

La oxidación de lipoproteínas de baja densidad LDL es un aspecto crucial en el desarrollo de la aterosclerosis, habiéndose reconocido productos de oxidación lipídica de LDL unidos a proteínas de la pared arterial en estudios inmunohistoquímicos con anticuerpos monoclonales. Por otra parte diversos estudios epidemiológicos y en animales de experimentación señalan que una ingesta elevada de antioxidantes disminuyen el riesgo de enfermedad coronaria (Heinecke, J.W,1997).¹⁰⁷

Por tanto el contenido de antioxidantes presentes en el organismo parece determinante para evitar el estrés oxidativo y proteger a las LDL, determinando el equilibrio entre ataque prooxidante y presencia de antioxidante la extensión de la modificación de las lipoproteínas de baja densidad en la pared arterial (Esterbauer, H, Gebicki,J, Puhl, H, Jurgens, G, 1992).¹⁰⁸

¹⁰⁵ Pariza, M.W, Park, Y, Cook, M.E, The biologically active isomers of conjugated linoleic acid, *Prog Lipid Res* 2001; 40: 283-298.

¹⁰⁶ Yeong, L.H, Storkson, J, Parizza, M.W, Inhibition of benzo(a)pyrene- induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivates of linoleic acids, 1990, *Cancer Res.*50, 1097-1101.

¹⁰⁷ Heinecke, J.W, Mechanisms of oxidative damage of low density lipoprotein in human atherosclerosis, 1997, *Current Opinión Lipidology* 8, 268-274.

¹⁰⁸ Esterbauer, H, Gebicki,J, Puhl, H, Jurgens, G, The role of lipids peroxidation and antioxidants in oxidative modification of LDL,1992, *Free Rad. Biol. Med* 13, 341-390.

Pariza, M.W y otros¹⁰⁹ señalan al ácido linoleico conjugado como un antioxidante que podría reducir la aterosclerosis. Realizaron un estudio en conejos alimentados durante 22 semanas con una dieta hipercolesterolémica, en el mismo, se observa que la inclusión en la dieta de 0,5gr de CLA/día disminuye marcadamente los niveles de triglicéridos, colesterol total, LDL-colesterol y cocientes de riesgo LDL-colesterol/colesterol transportado por las lipoproteínas de alta densidad HDL-colesterol y colesterol total/HDL-colesterol. Por otra parte las aortas de los conejos del grupo de ácido linoleico conjugado resultan afectadas en menor grado que aquellas procedentes de animales que no recibieron suplementos de dicho ácido graso.

Nicolisi, R.J y otros¹¹⁰ distribuyeron 50 hamsters en 5 grupos de 10 animales y los alimentaron con dietas conteniendo 0% (Control), 0,06% (Bajo), 0,11% (Medio), 1,1% (Alto) de CLA. Los niveles plasmáticos de triglicéridos, de colesterol total y de colesterol total unido a lipoproteínas de muy baja densidad VLDL-colesterol, y LDL se redujeron significativamente en los animales alimentados con las dietas conteniendo el ácido graso en estudio, respecto a las de grupo Control. Además los análisis morfométricos revelaron menos lesiones arteroscleróticas en los grupos de hamsters alimentados con ácido linoleico conjugado comparados con el grupo control.

Si bien el mecanismo exacto de la acción anticancerígena no se conoce, al menos alguno de sus efectos parece relacionarse con sus propiedades antioxidantes (Ip, C, Chin, S.F, Scimeca, J.A, Pariza M.W, 1991).¹¹¹

Una propiedad interesante de dicho ácido graso parece ser su capacidad para suprimir la formación de peróxidos de ácidos grasos insaturados que se exponen al aire o al calor a una elevada temperatura durante un período de tiempo prolongando, mostrándose al ácido linoleico conjugado como más antioxidante que el α -tocoferol.

Posteriormente se realiza otra investigación donde se estudia la actividad antioxidante y su posible mecanismo de acción. La prevención del cáncer de mama por parte de este ácido graso es evaluada en animales a los que se les induce cáncer con dimetilbenzoantraceno. El tratamiento con dicha molécula produce niveles menores de malondialdehído (producto final de la peroxidación lipídica) en el tejido mamario, pero no modifica los niveles de 8-hidroxideoxiguanosina (marcador de daño oxidativo en el ADN). Estos autores concluyen que esta molécula podía tener actividad

¹⁰⁹ Lee, K.N, Kritchevsky, D, Pariza, M.W, Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits, 1994, *Atherosclerosis* 108,19-25.

¹¹⁰ Nicolisi, R.J, Rogers, E.J, Kritchevsky, D, Scimeca, J.A, Huth, P.J, Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters, *Artery* 22, 266-277.

¹¹¹ Ip, C, Chin, S.F, Scimeca, J.A, Pariza M.W, Mammary cancer prevention by conjugated linoleic acid, 1991, *Cancer Res.*51, 6118-6124.

antioxidante *in vivo* suprimiendo la peroxidación lipídica (Ip, C, Briggs, S.P, Haegele, A.D, Thompson, H.J, Storkson, J, 1996).¹¹²

Otro estudio llevado a cabo por Cunnigham, D.C y otros¹¹³ señala que la suplementación de un medio de cultivo de células cancerosas MFS-7 con ácido linoleico incrementa la concentración intracelular de peróxidos lipídicos y el crecimiento de dichas células, mientras que la suplementación con CLA no afecta la formación de peróxidos lipídicos, pero deprime el crecimiento. La adición posterior de ácido norguayarético, inhibidor de la vía de la lipoxigenasa, produce un efecto sinérgico sobre la inhibición del crecimiento inducido por el ácido linoleico conjugado, sugiriendo que la acción de esta molécula sobre las células tumorales parecía depender de la vía de la lipoxigenasa en la cual tiene lugar la formación de productos oxidados, hidroxiácidos, hidroxiperoxiácidos.¹¹⁴

Esta es otra área de investigación que requiere de mucho más información y exactitud en el desarrollo de los modelos de estudio y en la interpretación de los resultados. Es una realidad el interés que generan los alimentos funcionales en la actualidad. El CLA parece ser uno de estos casos; sus efectos beneficiosos sobre la salud humana se han convertido en un tema muy actual.¹¹⁵

Algunas propiedades benéficas sobre la salud humana se encuentran en etapas activas de investigación. Los resultados obtenidos sugieren que el consumo de alimentos enriquecidos naturalmente en esta molécula permitiría alcanzar dosis terapéuticas sobre enfermedades como el cáncer y la aterosclerosis.

Si bien la información sobre algunos de los efectos de los CLA sobre el ser humano puede calificarse aún como insuficiente los resultados obtenidos son muy promisorios.¹¹⁶

¹¹² Ip, C, Briggs, S.P, Haegele, A.D, Thompson, H.J, Storkson, J, The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is dependent of the level or type of fat in the diet, 1996, *Carcinogenesis* 17, 1045-1050.

¹¹³ Cunnigham, D.C, Harrison, L.Y, Shultz, T.D, Proliferative responses of normal human mammary and MCF-7 breast cancer cells to linoleic acid, conjugated acid and eicosanoid síntesis inhibitors in culture, 1997, *Anticancer Res.* 17, 197-203.

¹¹⁴ Cruz Pardos, S, De Juan Garcia Torre, P, Sanchez Muniz, F.J, CLA ¿antioxidante o prooxidante?, 2000, Departamento de Nutrición y Bromatología, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, Madrid, *Grasas y Aceite*, Vol.51, Fasc.4, 268-274, en: <http://www.scielosp.org>.

¹¹⁵ Sanhueza, Julio, Nieto, Susana, Valenzuela, Alfonso, ob.cit., p.28.

¹¹⁶ Gagliostro, Gerardo. A, ob.cit., p 132-133

La leche bovina contiene algunos ácidos grasos especiales que están positivamente asociados a la salud humana y la modificación natural, a campo, del perfil de dichos ácidos puede aún potenciar la expresión de dichas propiedades saludables.

La presencia de compuestos bioactivos en la grasa de los productos derivados de los rumiantes ha despertado gran interés porque se le atribuyen efectos preventivos frente a enfermedades de alto impacto en la población. Se ha demostrado que los sistemas de alimentación basados en pastoreo incrementan la presencia de ácidos grasos poliinsaturados y específicamente del ácido linoleico conjugado.

Los precursores de los CLA son los ácidos grasos poliinsaturados presentes en las raciones de los rumiantes como el ácido linoleico, C18:2 y el ácido α -linolénico C18:3.¹¹⁷

Los lípidos en los forrajes representan un rango entre 30 a 100 gr/kg de MS, materia seca, los cuales se encuentran en su mayoría en los cloroplastos. Los mismos están presentes principalmente como glicolípidos y fosfolípidos, la composición en los forrajes está dada por 33% lípidos simples (digliceridos, ácidos grasos libres y ceras), 50% galactolípidos (mono y digalactogliceridos) y 17% fosfolípidos. Las fuentes de variación en la concentración de lípidos están dadas por las especies de plantas, estado de crecimiento, temperatura e intensidad de la luz. Hay 5 ácidos grasos presentes de manera mayoritaria en los pastos, y aproximadamente 95% consisten de C18:3 n3, C18:2 n6 y C16:0. Los ácidos linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3), son los sustratos de 18 carbonos para la biohidrogenación ruminal y posterior incorporación en forma de CLA en la leche. Los forrajes frescos contienen una alta proporción, 50-75%, de ácidos grasos en forma de ácido linolénico, y dicho contenido varía con factores ambientales tales como: estado de madurez, estacionalidad e intensidad de luz. Otro factor que determina de manera importante el contenido y composición de ácidos grasos es la especie de forraje, pues se presentan variaciones importantes de acuerdo a la especie, lo cual resultaría en diferencias en los niveles de ácido linoleico conjugado en la leche.

Generalmente, la alimentación con forraje aumenta los niveles de grasa y de algunos de sus isómeros comparado ya sea con una ración totalmente mezclada o con forrajes conservados. Uno de los factores que determina el contenido de ácidos grasos

¹¹⁷ Gagliostro, Gerardo.A, Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado(CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales, Producción de leche alto CLA de vaca, 2004, Vol. 24, N°.3-4,p.138, en: <http://www.inta.cl/>

en la leche es la edad de rebrote que modifica la cantidad y la composición de los mismos, a una menor edad de rebrote existe una mayor cantidad de los ácidos grasos C18:3n3 y C18:2n6, precursores principales para las síntesis de CLA. La alimentación de vacas con forrajes de mayor edad disminuye de manera significativa el contenido de esta molécula en la leche asociado a una disminución de precursores poliinsaturados en la dieta.

Se ha desarrollado un creciente interés en los efectos que tienen la alimentación con pasturas que presentan una composición botánica diversa sobre el contenido de ácidos grasos benéficos en productos de rumiantes. Además, se muestra cómo la diversidad de las pasturas incrementa los contenidos de CLA en la leche comparados con los niveles encontrados en pasturas puras (Collomb, M, Schmid, A, Sieber R, Wechsler, D, Ryhanen, E.L, 2006).¹¹⁸

El incremento en las proporciones de *cis-9 trans-11* en leche de los rumiantes alimentados con pasturas de una composición botánica diversa se ha asociado con el incremento en el flujo de ácido vaccénico C18:1 *trans*11 desde el rumen, el cual es principal precursor de la producción endógena de *cis-9 trans-11*. Este efecto se ha asociado a la presencia de algunos metabolitos secundarios que se encuentran en las pasturas diversas, y que se sugieren como potenciales modificadores de la biohidrogenación ruminal.¹¹⁹

Los sistemas de alimentación, el período de lactancia, la variación estacional, el área geográfica, el grado de mastitis, y la raza, entre otros, son factores que afectan también la producción de ácido linoleico conjugado en las vacas lecheras. De todos estos factores, el más importante es la dieta del animal y se puede manipular en gran parte, para aumentar la concentración de este ácido graso en productos alimenticios de rumiantes.

Durante los últimos 5 años de investigación se han identificado muchos factores dietéticos que afectan el contenido de la grasa de la leche. Estos efectos dietéticos se agrupan en categorías concernientes al mecanismo potencial por el cual pueden actuar, la primera categoría incluye los factores dietéticos que proporcionan sustratos lipídicos para la biohidrogenación en el rumen. Los aceites vegetales con alto contenido de ácidos linoleicos y linolénicos son particularmente eficaces, estos

¹¹⁸ Collomb, M, Schmid, A, Sieber, R, Wechsler, D, Ryhanen, E.L, Conjugated linoleic acid in milk fat: Variation and physiological effects. *J Dairy Sci* 2006;16:137-1361.

¹¹⁹ Caviedes, Javier, M. L, Pabón Restrepo, Martha, Carulla Fornaguera, Juan, E, Relación entre las características de la pastura y el contenido de ácido linoleico conjugado en la leche, *Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol.24, p.1-11. ISSN 0024-0755, en: <http://www.scielosp.org>.

conducen al aumento de la salida desde el rumen de ácido vacénico y en menor grado a los isómeros de CLA.

El segundo grupo consiste en los factores dietéticos que alteran el ambiente ruminal de tal modo que afectan las bacterias implicadas en la biohidrogenación del rumen, el forraje juega un rol importante y puede afectar marcadamente el ambiente ruminal.

El tercer grupo incluye los factores dietéticos que implican una combinación de sustratos lipídicos y de la modificación de la población de bacterias en el rumen. El pasto, es un ejemplo, ya que aquellos animales que se alimentan de una pradera exuberante durante la primavera obtendrían una proporción de CLA en la grasa de la leche doble o triplemente mayor que aquellas dietas basadas en maíz.¹²⁰

La manipulación de la dieta animal implica principalmente el suplementar ácido linoleico o ácidos linolénicos como sustratos para la biohidrogenación. Khanal, R.C y otros¹²¹ determinaron que dependiendo del tipo de aceite vegetal o de semillas oleaginosas, que posean ácido linoleico o ácido linolénico, como las pasturas en las que predomina el linolénico, el efecto dietético se relaciona más a la composición de los ácidos grasos insaturados de la materia utilizada, que a cualquier otro factor en la alimentación.

Santos, F.L y otros¹²² determinaron el efecto de la suplementación de lípidos en la ración y comprobaron que estos incrementaban los ácidos esteáricos, ácido oleico y CLA, contenidos en la leche. La adición de aceite de soja en la dieta, disminuyó el contenido de ácido linoleico y ácidos grasos saturados, e incrementó el nivel de ácido linoleico conjugado y ácidos grasos no identificados.

En otro estudio realizado por Dhiman, T y otros¹²³ se demuestra que agregando a la ración de vacas, semillas oleaginosas asadas y extruidas, estas presentan un mayor efecto en el contenido de CLA en la leche que las semillas crudas, lo cual era producto de la baja liberación de aceite que contienen las semillas crudas en el rumen,

¹²⁰ Barman, D, Corlbaumgard, B.L, Griinari, J, Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. Recent Advances in Animal Nutrition, 2001, P.C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press, Nottingham, UK. Pp:221-250.

¹²¹ Khanal, R.C, Olson, K.C, Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat and Egg: A Review, 2004, Department of Animal, Dairy and Veterinary Sciences, Asian Network for Scientific Information. UTA State University, Logan, UT 84322, USA, *Pakistan Journal of Nutrition*. 3(2):82-89.

¹²² Santos, F.L, Silva, M.T.C, Lana, Rde P, Brandao, S.C.C, Vargas, L.H, Abreu, L.R, Lanal, R, Los Efeitos da suplementacao del cacao de na de lipidios serenun un producto del conjugado de linoleico de ácido (CLA) e un gorduras de da composicao hacen el leite del vacas, 2001, Tecnología de Alimentos, UFV, 36.571-000, Viscosa, M.G, *Rev. Brasileira de Zootecnia*, Brasil, vol.30, N°6, Pp:1931-1938.

¹²³ Dhiman, T, Setter, L, Pariza, M, Galli, M, Albright, K, Tolosa, M, Conjugated linoleic acid (CLA) contenido of milck from cows offered diets richin linoleic and linolenic acid, *J. Dairy Sci*, vol.83. Pp: 1016-1027.

comparadas con aquellas semillas que son tratadas con calor. La baja liberación de aceite, conduce a la biohidrogenación completa de ácido linoleico a ácido esteárico en el rumen, lo que produce poco o ningún efecto en el contenido de dicha molécula en la grasa de la leche. Además, los microorganismos responsables de la biohidrogenación de ácidos grasos poliinsaturados deben tener acceso al aceite, que probablemente, es muy bajo en semillas crudas.

Investigadores administraron soja procesada, molida, micronizada, asada, o extruída y demostraron que al alimentar a las vacas con soja extruída el contenido de CLA en leche era más alto, que aquellas alimentadas con soja molida (Chouinard, P, Girard, V, Brisson, G, 1997).¹²⁴

En otro estudio más reciente realizado por Chouinard, P y otros¹²⁵ se demostró que las semillas de sojas extruídas, micronizadas o asadas producían un incremento doble o triple sobre el contenido de ácido linoleico conjugado en la leche, lo que no sucedía en vacas alimentadas con una dieta control que contenía soja sin procesar, al respecto indicaban que los ácidos grasos son accesibles a los microbios del rumen cuando las semillas oleaginosas son procesadas y ese tratamiento térmico aumenta aún más la accesibilidad.

Por otra parte se estudia que el aceite de pescado es tan efectivo en el aumento del contenido de la molécula en estudio, en la leche, como los aceites vegetales o las semillas oleaginosas. Pero, si se administra una gran cantidad de aceite de pescado (200 o 400 ml/d), se reduce generalmente la grasa de la leche, por lo tanto, disminuye también el CLA, así como el rendimiento del ácido trans vaccénico. Sin embargo, luego demostraron que era posible aminorar la reducción de la grasa de la leche combinando el aceite de pescado con otras fuentes de ácido linoleico y ácidos linolénicos. Por ejemplo, al administrar 1% de aceite de pescado junto a 2% de semillas de girasol que contenían un elevado nivel de ácido linolénico, y demostraron que se obtenía una mayor concentración y producción de dicho ácido y ácido trans vaccénico, que con 1% de aceite de pescado más una fuente de grasa del 2% rica en ácido esteárico.

Asimismo, en algunos ensayos se lograron también altas concentraciones de CLA en grasa de leche de vacas, alimentadas con 1% a 2% de aceite de girasol junto a 3% de aceite de pescado durante la lactancia, estos altos niveles siempre estaban

¹²⁴ Chouinard, P, Girard, V, Brisson, G, Performance and profiles of milk fatty acids fed full fat , heat treated soybeans using various processing methods, 1997, *J.Diary Sci.*,81 (Supl.1):223.

¹²⁵ Chouinard, P, Corneau, L, Butler, W, Chiliard, Y, Drackley, J, Barman, D, 2001, Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat, *J.Dairy Sci.* Vol.84.Pp:680-690.

asociados con un elevado contenido de ácido trans vaccénico y con una importante síntesis endógena de delta-9 desaturasa en la glándula mamaria (Abu-Ghazaleh, A, Schingoethe, D, Hippen, A, Kalscheur, K, 2003).¹²⁶

Otro de los factores importantes que influye son los pastos, estudios indicaron que las vacas que han sido alimentadas permanentemente a pastoreo natural han presentado 500% más de ácido linoleico conjugado comparadas con aquellas que se alimentaron con una mezcla de ración total que contenía forraje conservado y grano (Dhiman, T, Anand, G, Setter, L, Pariza, M, 1999).¹²⁷

Tabla 4. El contenido de CLA en la leche de vacas, bajo diferentes condiciones dietarias y diferentes especies de bovinos.

<i>Raza</i>	<i>Dieta</i>	<i>Porcentaje de CLA</i>
Holstein	(mezcla de ración total) TMR	0.44
Holstein	Sólo Pasturas	2.5
Holstein	Sólo Pasturas	1.7
Holstein	Pasturas + extruído de soya	1.7
Holstein	Pasturas + extruído de semilla de rap	2.5
Holstein	TMR + semillas de canola	1.4
Holstein	TMR + semillas roleadas	1.2
Holstein	Pasturas + mezcla de granos	0.72
Holstein	TMR + 1% aceite de pescado	0.73
Holstein	Pasturas + 150 g aceite de pescado	3.3
Holstein	TMR + 3.6% aceite de soya	2.1
Holstein	TMR + 5.3% aceite de linaza	1.67
Holstein	TMR + 5.3% aceite de girasol	2.44
Jersey	TMR	0.32
Jersey	Pasturas + 5.5 kg concentrado	0.59
Pardo Suiza	TMR	0.41
Normando	Sólo pasturas	1.7
TMR: Mezcla total de ración		

*Fuente: Modificado de Khanal, R.C, Olson, K.C, 2004.*¹²⁸

En Ohio durante mayo del año 2000, se realiza un estudio comprobando que existía una concentración creciente de CLA en la leche, al disminuir la cantidad de

¹²⁶ Abu-Ghazaleh, A, Schingoethe, D, Hippen, A, Kalscheur, K, Milk conjugated linoleic acid response to fish oil supplementation of diets differing in fatty acid profiles, 2003, *Journal of Dairy Science*, vol.86, Pp:944-953.

¹²⁷ Dhiman, T, Anand, G, Setter, L, Pariza, M, Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets, 1999, *J. Dairy Sci*, 82 (10), Pp:2146-2156.

¹²⁸ Khanal, R.C, Olson, K.C, ob.cit.,p.122-123.

grano en la alimentación. Así, la concentración de esta molécula en leche parece ser más alta para las vacas que pastan forraje que para las vacas alimentadas con cualquier otra dieta. Al estudiar el efecto de la administración de forraje fresco sobre la concentración del ácido linoleico conjugado en la grasa de leche en vacas de lactancia, se demuestra que cuando las vacas del grupo tratamiento consumían sólo forraje, las concentraciones del ácido linoleico conjugado en la grasa de leche aumentaba al doble. Entonces, la concentración de dicho ácido graso en la leche puede ser incrementada con la ingestión del forraje fresco (Eastridge, M, Qiu, X, 2001).

Kay, J.K y otros suplementaron la alimentación de vacas en pastoreo sin embargo, no encontraron aumentos en el nivel de CLA en la grasa de la leche comparado con aquellas vacas que se alimentaban sólo con praderas.

Pero, más tarde los mismos, demuestran que el contenido de ácido linoleico conjugado en vacas que pastoreaban se podría aumentar con la suplementación de aceite de pescado o aceite de pescado junto a aceite de girasol, pero no sólo con aceite de girasol. Por otra parte, al agregar aceites vegetales a la dieta de vacas en pastoreo aumentaba generalmente el CLA en leche.

Aquellas vacas que reciben toda su alimentación desde las praderas producen una grasa de leche con el contenido más alto de la molécula mencionada, no así las que reciben un tercio o dos tercios de su dieta con pasturas.

La diversidad de especies de forrajeras disponibles en el pasto aumenta también el contenido en la leche, lo mismo ocurre cuando aumenta la altitud del pasto.

Sin embargo, al administrar una dieta con bajo contenido de forraje, en razón de 30:70 forraje/ concentrado, se reduce el PH del rumen lo que produce un efecto negativo en la concentración de CLA y TVA, ácido trans vaccénico (Troegeler-Meynadir, A, Nicot, M.C, Bayourthe, C, Moncoulon, R, Enjalbert, F, 2003).¹²⁹

La variación entre animales es también uno de los factores que produce diferencias en el porcentaje de la molécula obtenido en la grasa de la leche.

La variación entre los individuos, parece estar afectada por dos razones; primero, las vacas parecen tener diferentes producciones ruminales de ácido vaccénico y linoleico conjugado, aún cuando todos los animales consumen la misma dieta, esta variación está probablemente relacionada con diferencias individuales como; el modelo alimenticio y la frecuencia de masticación, lo que afectaría el ambiente ruminal. La segunda razón es que las vacas se diferencian en la actividad de

¹²⁹ Troegeler-Meynadir, A, Nicot, M.C, Bayourthe, C, Moncoulon, R, Enjalbert, F, Effects of Ph and concentrations of linoleic acids on extent and intermediates of ruminal biohydrogenation *in vitro*, 2003, *J. Dairy Sci*, 86: 4054-4063.

la delta9-desaturasa y en la síntesis endógena de ácido linoleico conjugado en la glándula mamaria. Probablemente, esta variación entre individuos reflejaría diferencias en la enzima, lo que implicaría la regulación de la expresión de genes, polimorfismo de los genes que afectan la estructura primaria o terciaria de la enzima, modificaciones post-transicionales, o factores que afectarían la interacción entre enzima y el sustrato o producto.

La producción en el rumen de trans-11 C18:1 y el ácido graso varían entre individuos con la misma dieta, lo cual representaría la base de la variación individual sobre el contenido de la molécula en la grasa de la leche. Delta 9-desaturasa es una enzima clave en la síntesis endógena, por lo tanto la proporción grasa varía también, sustancialmente, aún entre animales con una misma dieta. Así, las diferencias entre individuos en la enzima contribuyen a la variación de la leche en el contenido graso de CLA (Peterson, D.G, Kelsey, J.A, Barman, D.E, 2002).¹³⁰

La variación entre individuos incluye las diferencias relacionadas con la biohidrogenación en el rumen y con la actividad de la delta9-desaturasa en la glándula mamaria. Las diferencias entre vacas que han sido bien alimentadas, son de poca o ninguna importancia, las mismas son dependientes de la producción en el rumen de trans-11 C18:1 y ácido linoleico conjugado así como de la actividad de la delta 9-desaturasa en los tejidos (Bauman, D, Corlbaumgard, B.L, Griinari, J,2001).¹³¹

Algunas de las variaciones en el nivel observadas entre vacas, se presentan debido a la raza. Estudios demostraron que dando una misma dieta a la raza Holstein presentaba un nivel más alto de CLA en la grasa de leche que las razas Jersey y Normando (White, S.L, Bertrand, J.A, Wade, M.R, Washburn, J.T, Green, J.R, Jenkins, T.C, 2001).¹³²

Sin embargo, en otro estudio se observa una variación secundaria, entre Holstein y Jersey alimentadas con una misma dieta y se determina que la raza contribuía sólo a aproximadamente el 1% de la variación total. Además, indicaron que la raza Holstein vs. Pardo Suiza, tienen una pequeña relación entre la variación individual sobre el nivel de ácido linoleico conjugado y de delta 9-desaturasa, comprobaron que en general, la producción de leche y la composición de leche son características de cada raza. La raza Holstein tiene una gran producción de leche,

¹³⁰ Peterson, D.G, Kelsey, J.A, Barman, D.E, *Análisis of variation in cis-9, trans-11 Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Milk Fat of Dairy Cows*, 2002, Department of Animal Science Cornell University, Ithaca, NY, 14853, *J.Dairy Sci*, 85:2164-2172.

¹³¹ Bauman, D, Corlbaumgard, B.L, Griinari, J, *Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairycow*, 2001, *Recent Advances in Animal Nutrition*, P.C, Garnsworthy and J. Wiseman, eds, *Nottingham University Press*, Nottingham, UK.Pp: 221-250.

¹³² White, S.L, Bertrand, J.A, Wade, M.R, Washburn, J.T, Green, J.R, Jenkins, T.C, *Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration*, 2001, *J.Dairy Sci*, 84:2295-2301.

mientras la raza Pardo Suiza en promedio, presenta el contenido más alto de grasa y proteína. Los rendimientos diarios de la grasa y proteína de la leche son similares entre las dos razas (Kelsey, J.A, Corl, B.A, Collier, R.J, Barman, D.E, 2003).¹³³

Investigadores compararon cuatro razas, Holstein/ Friesian Irlandesas, Holstein/Friesian Holandesas, Montbeliardes y Normando. Y comprobaron que la raza tiene poco efecto, pero la raza Montbeliardes, promedió cerca de 13% más contenido de dicha molécula en la grasa de la leche que las otras tres razas (Lawless, F, Stanton, C, L'escorp, P, Devery, R, Dillon, P, Murphy, J.J, 1999).¹³⁴

La estacionalidad es otro de los factores que se tienen en cuenta, se estudió el efecto de la variación estacional de dobles enlaces conjugados en la leche canadiense y se demostró que poseían dobles a triples incrementos en la grasa de la leche durante el verano, cuando las vacas pastoreaban, el mismo autor observó también que la concentración más baja (0,6%) de dobles enlaces conjugados en la grasa de la leche se presentaba durante marzo (Riel, R.R, 1963).¹³⁵

Las primeras investigaciones indican, que el abrupto cambio de alimentar en confinamiento, con ensilaje, heno y remolacha, y luego comenzar a alimentar en pastoreo libre, incrementaba los enlaces conjugados agudamente, hasta que un efecto máximo se podría alcanzar después de 5 días (Kuzdal-Savoie, S, Kuzdal, W, 1961).¹³⁶

Sin embargo, años más tarde Khanal, R.C y otros¹³⁷ indican que la grasa de la leche que contiene CLA seguía aumentando hasta 23 días después de que las vacas dejaban de pastorear y se mantendría en 2,54% de grasa de leche, lo cual era 550% más que el nivel original hasta 29 días después, de los cuales las vacas se retiraban de la pradera. La grasa de la leche y el contenido de ácido trans vaccénico TVA siguieron una tendencia semejante. Esto puede ser debido a que se requiere un tiempo para la adaptación de los microbios del rumen al cambio de dieta, así como también a la fisiología de la grasa de la leche en la síntesis de ácidos grasos básicos. Se demuestra también, que sólo 4 días eran necesarios para retornar al nivel original de CLA y TVA una vez que las vacas se retiraban del pastoreo y se volvían a alimentar con una dieta semejante de mezcla total de ración.

¹³³ Kelsey, J.A, Corl, B.A, Collier, R.J, Barman, D.E, The Effect of Breed, Parity and Stage of Lactation on Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Milk Fat from Dairy Cows, 2003, *J. Dairy Sci*, 86:2588-2597.

¹³⁴ Lawless, F, Stanton, C, L'escorp, P, Devery, R, Dillon, P, Murphy, J.J, Influence of breed on bovine milk *cis-9, trans-11* conjugated linoleic acid content, 1999, *Livest. Prod. Sci*, 62:43-49.

¹³⁵ Riel, R.R, Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat Unsaturated fatty acids, 1963 *J. Dairy Sci*, 46: 102-106

¹³⁶ Kuzdal-Savoie, S, Kuzdal, W, Influence de la mise a l'herbe des vaches laitières sur les indices de la matière grasse du beurre et sur les teneurs en différents acides gras polyinsaturés, *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys*, 1:47-69.

¹³⁷ Khanal, R.C, Dhiman, T.R, Boman, R.L, Influence of turning cows out to pasture on fatty acid composition of milk, 2003, *J. Dairy. Sci*, 86 (Suppl.1): 356 (Abstr).

Las vacas que consumían pastos verdes exuberantes producen la grasa de leche con las concentraciones más altas de linoleico conjugado. Además, la suplementación de vacas que se alimentan a pastoreo con una ración de alto contenido en ácido linoleico proporciona una fuente extra de sustratos para dicho ácido y su precursor, además de los ácidos linolénicos que proporcionan las praderas.

Este autor observa también que la variación individual entre vacas era más grande durante el verano que en el invierno, en las lecherías donde las vacas son alimentadas a pastoreo durante el verano, comparadas con aquellas que no pastoreaban o que presentaban sólo 1/3 de sus vacas pastoreando. Indica que la concentración de linoleico conjugado es más baja durante febrero-marzo y más alta durante agosto-septiembre en los EEUU.

La parición, tiene una pequeña relación con la variación individual sobre el nivel de CLA y de delta9-desaturasa. En un estudio se suministró 50 gr/ día de una mezcla de isómeros de linoleico conjugado en una sal de calcio, a partir del día 14 hasta el día 80 posparto y se encontró que se producía un aumento de la producción de leche y disminución de la producción de grasa, el día 35 posparto en adelante. El efecto consistía en que cuando disminuye la síntesis de grasa en la leche, disminuye la alta demanda energética y se moviliza menos tejido corporal. Sin embargo, no disminuye la cantidad de ácidos grasos no esterificados, ni el balance energético (Giesy, J.G, Viswanadha, S, Hanson, T.W, Fale, L.R, Macguire, Skarie, C.H, Vinci, A, 1999).¹³⁸

Recientemente se ha demostrado que la suplementación con isómeros de CLA entre 10 a 21 días previos a la parición, disminuye la proporción total de grasas en la leche de una manera dosis-sensible y la producción de la grasa exhibe el mismo descenso progresivo que se produce normalmente. La suplementación con isómeros de la molécula, reduce la proporción de grasas en la leche, siendo evidente durante la primera semana post parto y llegando a ser altamente significativa durante la semana 2 y 3, período durante el cual el rendimiento de la grasa de la leche se reduce en 49 y 56%. Estos datos indicaron, claramente, que la suplementación, puede inducir una marcada disminución de la grasa de la leche (40 a 50%) inmediatamente post parto, pero sin afectar negativamente otros parámetros de la producción (Moore, C.E, Hafliker, H.C, Mendivil, O.B, Sanders, S.R, Bauman, D.E, Baumgard, L.H, 2004).¹³⁹

¹³⁸ Giesy, J.G, Viswanadha, S, Hanson, T.W, Fale, L, Macguire, M.A, Skarie, C.H, Vinci, A, Effect of calcium salts and conjugated linoleic acid (CLA) on estimated energy balance in Holstein cows early in lactation, 1999, *J. Dairy Science*. 82 (supple1): 74 (abstract)

¹³⁹ Moore, C.E, Hafliker, H.C, Mendivil, O.B, Sanders, S.R, Bauman, D.E, Baumgard, L.H, Increasing Amounts of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Progressively Reduces Milk Fat Síntesis Immediately Postpartum, 2004, *J. Dairy Science*. 87: 1886-1895.

La relación entre el número de lactancias y los niveles de linoleico conjugado en la grasa de la leche son comparados y se indica que habría un efecto sobre los niveles del ácido graso debido al número de lactancias. Vacas con más de 4 lactancias producen más de esta molécula en la grasa de la leche, que aquellas vacas que presentan 2 a 4 lactancias, las vacas más viejas (>7 lactaciones) obtienen un mayor rendimiento en el nivel, que las vacas más jóvenes (Stanton, C, Lawless, F, Kjellmer, G, Harrington, D, Devery, R, Connolly, J.F, Murphy, J, 1997).¹⁴⁰

Más tarde los mismos investigadores, estudian las variaciones en el nivel de linoleico conjugado producidas al comienzo y término de la lactancia, y se demuestra que el contenido es más alto al término de la lactación comparada con la leche que se produce durante el inicio de esta. Pero, aunque los niveles son mayores, el factor que más influía es la disponibilidad y la calidad del pasto (Stanton, C, Lawless, F, Murphy, J, Aherne, S, Devery, R, Shea, M.O, 2000).¹⁴¹

A pesar de los muchos factores que afectan el nivel de ácido linoleico conjugado en la leche, el más importante e influyente es el factor dietético. Por este motivo se han desarrollado numerosas investigaciones en todas partes del mundo tendientes a aumentar el nivel de esta molécula, en base a la alimentación del ganado.

El contenido final en el alimento depende de la concentración inicial obtenida a campo y también de los procesos que tengan lugar entre su obtención natural y la llegada del producto a la mesa del consumidor.

El primer paso para obtener alimentos naturales alto CLA es lograr la máxima concentración inicial en el producto primario. Este hecho está sin ninguna duda bajo control nutricional a través de un manejo estratégico de la alimentación del rumiante y constituye el inicio de la cadena alimentaria para lograr un producto de calidad diferenciada.

La leche de vaca es la fuente más rica de linoleico conjugado para el ser humano 0,2-3,7gr/100g de grasa butirosa.

El objetivo de lograr incrementos concomitantes en las concentraciones de los ácidos trans vaccénico (trans-11 C18:1) y CLA en leche es técnicamente posible

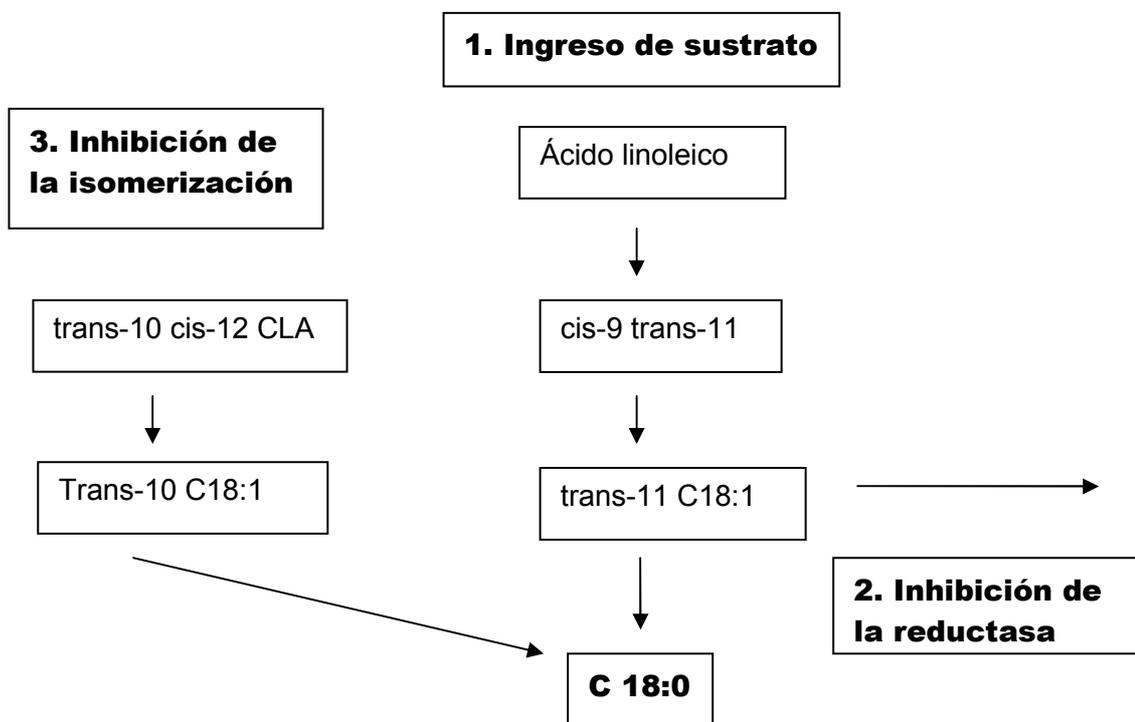
¹⁴⁰ Stanton, C, Lawless, F, Kjellmer, G, Harrington, D, Devery, R, Connolly, J.F, Murphy, J, Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content, 1997, *J. Food. Sci.* 62: 1083-1086, en: <http://www.bookstore.myift.org/orders/iftstore/ift-9984-2238-5934-8765-house/jfsv62n5p1083-1086ms19970239.pdf>.

¹⁴¹ Stanton, C, Lawless, F, Murphy, J, Aherne, S, Devery, R, Shea, M.O, Nutrition Nutricional Attributes of Animal and Milk Fat School of Biotechnology, DCU, 2000, *The Dairy Products Research*, September, N°26, Moorepark, Fermoy, Co. Cork. Ireland. Pp:1-12, en: <http://www.teagasc.ie/research/reports/dairyproduction/4257/eopr-4257.pdf>.

debido a la correlación positiva que existe entre ambos (Solomon, R, Chase, L.E, Ben Ghedalia, D, Barman, D.E, 2000).¹⁴²

Ello permite maximizar la absorción directa del ácido graso por parte de los consumidores de productos lácteos e incrementar la concentración final del mismo en los tejidos humanos a partir de la conversión endógena del trans-11 C18:1.

Figura 3: Esquema del modelo de biohidrogenación que describe tres procesos interdependientes que regulan la formación del ácido trans vaccénico (trans-11 C18:1) en el rumen.



Fuente: Griinari, J.M, Shingfield, K.J, 2002.¹⁴³

Las estrategias nutricionales conducentes a optimizar la formación ruminal del ácido trans vaccénico. Se ha hipotetizado que su formación sería dependiente de tres procesos relacionados entre sí que tienen lugar en el rumen: 1) aporte de sustratos, 2) inhibición de la enzima trans-11 C18:1 reductasa, 3) prevención de un cambio en la biohidrogenación ruminal hacia el ácido trans-10 C18:1 (Griinari y Shingfield, 2002).

El ingreso del sustrato al rumen, paso 1, juega un rol permisivo en la acumulación del ácido trans vaccénico y el balance entre los dos procesos, 2 y 3, determina la

¹⁴² Solomon, R, Chase, L.E, Ben Ghedalia, D, Barman, D.E, The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows, 2000, *J.Dairy Sci.*,83, 1322-1329.

¹⁴³ Griinari, J.M, Shingfield, K.J, Effect of diet on rumen biohidrogenation and composition of milk *Atti dei Convegni Scientifici Cheese art*, 2002, Castello di Donnafugata, Ragusa, Italia, pp 207-216.

magnitud de la concentración final de trans-11 C18:1. A fines de obtener una inhibición del crecimiento de las bacterias responsables de la hidrogenación de trans 11 C18:1, paso 2, el aporte de dosis bajas de pescado podría ser una valiosa herramienta. Dicho aceite es rico en ácidos grasos de tipo C20-C22 incluyendo a los ácidos ω -3 eicosapentanoico (EPA, C20:5n3) y docosahexanoico (DHA, C22:6n3) que inhibirían la acción de las reductasas (Shingfield, K.J, Ahvenjarvi, V, Ärölä, A, Nurmela, K.V.V, Huhtanen, P, Giinari, J.M, 2003).¹⁴⁴

La relación CLA/ trans-11 C18:1 resultó menor en la leche de vacas suplementadas con aceite de pescado en relación a la obtenida cuando los animales reciben sólo aceites vegetales. Este resultado podría reflejar un flujo superior de trans-11C18:1 hacia glándula mamaria capaz de saturar la actividad de la estearil CoA desaturasa.

El aceite de pescado disminuye la producción de leche y el consumo de materia seca sin efecto sobre la composición química de la leche. Los parámetros de digestión ruminal o total de la materia seca, materia orgánica o fibra no son afectados. El flujo de ácido trans vaccénico hacia duodeno es incrementado en un 612% ante el aporte de aceite de pescado mientras que el flujo duodenal de CLA no varía. Las concentraciones de trans-11C18:1 aumentan en un +220%, las de linoleico conjugado en un +230% y de los ácidos 3 EPA, eicosapentaenoico en un +120% y 3 DHA, docosahexaenoico, +100%. El mayor flujo a duodeno del precursor, sería responsable del incremento de linoleico conjugado en leche ya que no se observó ningún aumento del flujo de este último a duodeno. Dicho incremento en el flujo de trans-11C18:1 estaría a su vez asociado a una inhibición de su reducción a C18:0 a nivel de rumen (Chilliard, Y, Ferlay, A, Mansbridge, R.M, Doreau, M, 2000).¹⁴⁵

En raciones a base de silaje de maíz 25%, heno de alfalfa 25% y concentrada 50%, la suplementación con aceite de pescado, 2% de la materia seca ingerida, con soja extrusada 2%, o con mezcla de ambos, 1%+1%, produce incrementos significativos de CLA y ácido trans vaccénico respecto al control tanto en rumen como en la leche sin diferencias significativas entre los suplementos lipídicos (AbuGhazaleh, A.A, Schingoethe, D.J, Hippen, A.R, Kalscheur, K.F, Whitlock, L.A, 2002a).¹⁴⁶

¹⁴⁴ Shingfield, K.J, Ahvenjarvi, V, Ärölä, A, Nurmela, K.V.V, Huhtanen, P, Giinari, J.M, Effect of dietary fish oil biohydrogenation of fatty acids and milk fatty acid content in cows, 2003, *Animal Science*, 77, 165-179.

¹⁴⁵ Chilliard, Y, Ferlay, A, Mansbridge, R.M, Doreau, M, Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids, 2000, *Ann. Zootech.* 49, 181-205.

¹⁴⁶ AbuGhazaleh, A.A, Schingoethe, D.J, Hippen, A.R, Kalscheur, K.F, Whitlock, L.A, Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend, 2002a, *J. Dairy. Sci.*, 85, 2266-2276.

Un trabajo reciente del mismo equipo conducido in vitro sugiere que el ácido docosahexaenoico sería el principal compuesto activo presente en el aceite de pescado que favorece la acumulación de ácido trans vaccénico en el rumen. La presencia de alguna fuente de ácido linoleico como el aceite de soja amplificaría el efecto citado (AbuGhazaleh, A.A, Jenkins, T.C, 2004a).¹⁴⁷

El DHA incrementa las concentraciones de trans-C18:1 en un 158% respecto al control mientras que el aceite de soja lo hace tan solo en un 102%. La combinación de ambos productos significa un incremento de 283% de la molécula anteriormente nombrada sobre el control. La posibilidad de que el otro ácido, eicosahexaenoico, C20:5 n-3, presente en el aceite de pescado esté también involucrado en el efecto protector sobre C18:1 no puede descartarse. Los efectos de este último compuesto resultaron sin embargo de menor magnitud comparados al DHA (AbuGhazaleh, A.A, Jenkins, T.C, 2004b).¹⁴⁸

La máxima concentración de trans-11C18:1 y de CLA en leche se obtendría con aportes de aceite de pescado del orden del 2% del consumo total de materia seca de la vaca sin incrementos adicionales cuando el aporte de dicho aceite aumentó hasta un 3%. La cantidad de aceite de pescado puede incluso reducirse hasta al 1% en caso de efectuar suplementaciones combinadas con otros aceites o semillas oleaginosas que aporten ácido linoleico (Ramaswamy, N, Baer, R.J, Schingoethe, D.J, Hippen, A.R, Kasperson, K.M, Whitlock, L.A, 2001a).¹⁴⁹

El aporte de 200ml/vaca/día de aceite de pescado incrementó un 300% los valores de CLA en leche sin aumentos ulteriores ante el aporte de 400ml de aceite (Chouinard, P.Y, Corneau, L, Butler, W.R, Chilliard, Y, Drackley, J.K, Barman, D.E, 2001).¹⁵⁰

¹⁴⁷ AbuGhazaleh, A.A, Jenkins, T.C, Short communication: docosahexaenoic acid promotes vaccenic acid accumulation in mixed ruminal cultures when incubated with linoleic acid, 2004a, *J. Dairy Sci.*, 87, 1407-1050, ob.cit., p 61.

¹⁴⁸ AbuGhazaleh, A.A, Jenkins, T.C, Disappearance of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids from cultures of mixed ruminal microorganisms, 2004b, *J. Dairy Sci.*, 87, 645-651, ob.cit., p 61.

¹⁴⁹ Ramaswamy, N, Baer, R.J, Schingoethe, D.J, Hippen, A.R, Kasperson, K.M, Whitlock, L.A, Composition and flavor of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans, or their combination, 2001a, *J. Dairy Sci.* 84, 2144-2151.

¹⁵⁰ Chouinard, P.Y, Corneau, L, Butler, W.R, Chilliard, Y, Drackley, J.K, Barman, D.E, Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentration in milk fat, 2001, *J. Dairy Sci.* 84, 680-690.

La manipulación en la composición de ácidos grasos de la grasa butirosa tuvo como objetivos tradicionales incrementar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados y la producción de mantecas más livianas trabajándose actualmente en el incremento de la concentración de ácido linoleico conjugado y de los ácidos ω 3.

Tabla 5. Composición en ácidos grasos (%) de diferentes aceites vegetales.

Aceite/AG	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3
Algodón	0,8	25,3		2,8	17,1	53,2	0,1
Colza		4,3	0,3	1,7	59,1	22,8	8,2
Soja	0,2	10,7	0,3	3,9	22,8	50,8	6,8
Girasol	0,1	5,5		3,6	21,7	68,5	0,1
Maní		11,5		3,0	53,0	26,0	
Cártamo		8,0		3,0	13,5	75,0	0,5
Oliva		13,0	1,0	2,5	74,0	9,0	
Canola		4,8		1,9	58,5	23,0	7,7
Lino		6,4		3,1	20,1	18,2	51,4

AG: Ácido graso.

Fuente: Stanton, C, Murphy, J, McGrath, E, Devery, R, 2003.¹⁵¹

A pesar de la importante variabilidad genética encontrada, la alimentación de la vaca y una suplementación estratégica de la misma son los puntos de mayor impacto sobre las concentraciones finales de CLA en leche. Cuando el objetivo es elevar los valores totales de dicho ácido graso, la suplementación con aceites vegetales ricos en ácidos grasos poliinsaturados ha demostrado ser efectiva (Chilliard, Y, Ferlay, A, Doreau, M, 2001).¹⁵²

En términos generales puede concluirse que la suplementación con aceites vegetales ricos en C18:2 y C18:3 incrementan las concentraciones basales de cis-9, trans-11 en leche.

En el caso de suministrar semillas oleaginosas completas resultará sumamente importante lograr un buen molido de las mismas de modo de favorecer un contacto rápido y efectivo entre el aceite y los microorganismos del rumen.

Los aceites vegetales pueden ser suministrados a la vaca lechera como aceite líquido en mezcla con el concentrado, grano de maíz o silajes, como aceites vegetales

¹⁵¹ Stanton, C, Murphy, J, McGrath, E, Devery, R, Animal feeding strategies for conjugates linoleic acid enrichment of milk, 2003, In: Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food, Vol.2, Sébédio, J.L, Christie, W.W, Adloff, R, (Eds.) AOCS Press, Champaign, Illinois.Pp 123-145.

¹⁵² Chilliard, Y, Ferlay, A, Doreau, M, Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cows diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids, 2001, *Liv.Prod. Sci.*, 70, 31-48, ob.cit.,p 62.

protegidos, inexistentes en Argentina, o formando parte del grano oleaginoso completo. En función al mecanismo propuesto para la formación de CLA o de trans-11 C18:1 es importante destacar que los microorganismos ruminales deberán tener rápido acceso al aceite libre. Ello lleva a aconsejar la no utilización de aceites protegidos o de semillas enteras no molidas cuando el objetivo sea incrementar el contenido de ácido linoleico conjugado en leche.

El tratamiento de la semilla de soja con calor, 120, 130, 140°C, y presión, extrusión, y su posterior suministro a la vaca lechera parece ser una excelente vía para incrementar los valores del ácido graso en leche 1,99g/100gr AG, en comparación a semilla suministrada simplemente molida 0,42g/100g de AG. La temperatura a la que se practicó la extrusión no tuvo ningún efecto sobre los CLA. El tratamiento con calor de las semillas oleaginosas parece ser indispensable para liberar el aceite, lograr un buen contacto con las bacterias ruminales e incrementar significativamente los valores de esta molécula en leche (Chouinard, P.Y, Corneau, L, Butler, W.R, Chilliard, Y, Drackley, J.K, Barman, 2001).¹⁵³

El aporte de aceite de soja produce el máximo incremento en los valores del ácido graso en leche, 2,1% del total de AG, ácidos grasos, comparado con la soja tostada molida 0,77% del total de AG. En cambio el nivel de la misma molécula logrado con el aporte de soja solo molida 0,37% del total de AG, no se diferencia del tratamiento control 0,39% del total de AG.

En resumen, el aporte de aceite libre de oleaginosas ricas en C18:2 es la vía más efectiva para incrementar los valores en leche. Un rápido y eficaz contacto de las bacterias ruminales conducirían a la acumulación ruminal del precursor trans-11 C18:1. Inhibidores naturales de la biohidrogenación del trans-11 C18:1 como los ácidos EPA y DHA pueden potenciar el efecto citado.

El tratamiento de las semillas oleaginosas con calor y presión (extrusado) sería una vía idónea para alcanzar los objetivos alto CLA. Si la elección final es el suministro de granos oleaginosos completos, los mismos deberán ser molidos a fines de facilitar un contacto rápido y eficaz entre el aceite y las bacterias ruminales.

¹⁵³ Chouinard, P.Y, Corneau, L, Butler, W.R, Chilliard, Y, Drackley, J.K, Barman, ob.cit..p 63.

Tabla 6. Variaciones en la concentración de CLA en leche de vaca ante el aporte de diferentes suplementos.

Autor	Tratamiento	CLA (cis-9, trans-11 C18:2)
Lock y Gamsworthy, 2002	Bajo 18:2/bajo 18:3	0,8 g/100g AG
	Bajo 18:2/alto 18:3	0,9
	Alto 18:2/bajo 18:3	0,9
	Alto 18:2/ alto 18:3	1,1
Chouinard y otros, 2001	Control	0,35 g/100g GB
	AG-Ca de colza	1,32
	AG-Ca soja	2,25
	AG-Ca lino	1,95
Solomon y otros, 2000	Alto almidón (AA)	2,23 g/100g GB
	AA+14% soja extrusada	3,65
	Alta pectina (AP)	2,18
	AP+14% soja extrusada	3,70
Dhiman y otros, 2000	Control	0,39 g/100g AG
	Soja partida 18%	0,37
	Soja partida tostada 18%	0,77
	Aceite de soja 3,6%	2,10
	Aceite de lino 2,2%	1,58
	Aceite de lino 4, 4%	1,68
Lawless y otros, 1998	Control	1,66 g/100g GB
	Soja tostada	1,96
	Colza molida	2,40
Nelly y otros, 1998 ^a	Aceite de maní (C18:1)	1,33 g/100gGB
	Aceite de girasol (C18:2)	2,44
	Aceite de lino (C18:3)	1,67
AbuGhazaleh y otros, 2002b	Control	0,33 g/100g AG
	FO 0,5%	0,47
	Soja extrusada 2,5% aceite	0,79
	FO 0,5% soja extrusada 2,5%	1,39
Whitlock y otros, 2002	Control	0,6 g/100g AG
	FO 2%	2,03
	Soja extrusada 2% aceite	1,16
	Soja extrusada	1,82
Ramaswamy y otros, 2001 ^a	Control	0,56 g/100g AG
	FO/soja extrusada	2,3
	Soja extrusada	2,17
AbuGhazaleh y otros, 2001	FO 0% soja 100%	0,39 g/100g AG
	FO 25%	0,44
	FO 50%	0,46
	FO 100%	0,72
Baer y otros, 2001	Control	0,68 g/100g GB
	2% FO	2,51
Donovan y otros, 2000	Control	0,6 g/100g AG
	FO 1%	
	FO 2%	
	FO 3%	
Pastura White y otros, 2001	Holstein a corral	0,41 g/100g AG
	Holstein en pastura	0,72
	Jersey a corral	0,32
	Jersey en pastura	0,59
Dhiman y otros, 1999	Pastura 33%	0,89 g/100g GB
	Pastura 66%	1,43
	Pastura 100%	2,21

Fuente: Stanton, C, Murphy, J, McGrath, E, Devery, R, 2003.¹⁵⁴

Estos efectos serán particularmente importantes cuando las vacas se encuentren en una condición de alimentación pastoril debido a que la tasa de pasaje resulta más rápida y la población microbiana involucrada en el proceso de biohidrogenación puede

¹⁵⁴ Stanton, C, Murphy, J, McGrath, E, Devery, R, ob.cit.,p 64.

verse afectada. La suplementación con grasas de origen animal no resultan efectivas debido a su pobreza en ácidos grasos poliinsaturados (Kolver, E.S, 1997).¹⁵⁵

El hecho de que una alimentación pastoril resulta predisponente a obtener leches enriquecidas en dienos conjugados ha sido demostrado desde hace más de 40 años (Kudzdal Savoie, S, Kudzdal, W, 1961, Riel, R.R, 1963).¹⁵⁶

En un trabajo reciente conducido en la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce del INTA, los niveles de CLA en leche son incrementados en un 54% y en un 173% a las dos y cinco semanas de alimentación pastoril respecto a vacas alimentadas con raciones totalmente mezcladas, TMR, sin pastura. Dichos incrementos resultan de 148% y de 366% a las dos y cinco semanas de alimentación pastoril cuando las vacas reciben además de la pastura una suplementación con sales cálcicas de ácidos grasos, 0,8kg/vaca/día, conteniendo un 30% de C18:2 (Schroeder, G.F, Delahoy, J.E, Vidaurreta, I, Bargo, F, Gagliostro, G.A, Muller, L.D, 2003).¹⁵⁷

Altos valores de los ácidos trans-11C18:1(5,8%) y CLA (1,8%) han sido encontrados en alimentación pastoril. Las concentraciones de estos ácidos se incrementan hasta valores de 2,1% y 1,0% a las 4 semanas de alimentación pastoril alcanzando valores de hasta 5,1% y 1,8% luego de 8 semanas en pastoreo respecto a los valores de pre-pastoreo de 1,2% y 0,4% (Loor, J.J, Herbein, J.H, Polan, C.E, 2002).¹⁵⁸

El efecto del cambio de una alimentación no pastoril, silajes de gramíneas y concentrado, a una alimentación pastoril incrementa significativamente el contenido lácteo de trans-11C18:1 a los 8 días (+23%) y a los 29 días de pastoreo (+59%) respecto a los valores pre-pastoreo. Los valores de CLA en leche se incrementan en 25% y 75% respectivamente. Cuando las vacas reciben un suplemento con lípidos, 7% de aceite de soja, el contenido lácteo de trans-11C18:1 aumenta en un 168% a los 8 días y 231% los 29 días de pastoreo. Los valores de linoleico conjugado en leche se

¹⁵⁵ Kolver, E.S, Supplemental feeding strategies to increase the utilization of pasture nitrogen by high producing dairy cows, 1997, Ph.D.Diss.,Pennsylvania State Univ.,State Collage.

¹⁵⁶ Kudzdal Savoie, S, Kudzdal, W, Influence de la mise à l'herbe des vaches laitières sur les indices de la materia grasse du beurre et sur les teneurs en différents cides gras polyinsatures, 1961, *Ann. Biol.Anim.Bioph.*,1,47-69.

Riel, R.R, Physico-chemical characteristics of canadian milk fat, unsaturated fatty acids, *J.Dairy Sci*, 86, 3237-3248.

¹⁵⁷ Schroeder, G.F, Delahoy, J.E, Vidaurreta, I, Bargo F, Gagliostro, G.A, Muller, L.D, Milk fatty acid composition of dairy cows fed a total mixed ration or grazing pasture and supplemented with concentrates replacing corn grain with fat, 2003, *J.Dairy Sci*, 86, 3237-3248.

¹⁵⁸ Loor, J.J, Herbein, J.H, Polan, C.E, Trans 18:1 and 18:2 isomers in blood plasma and milk fat of grazing cows fed a grain suplement containing solvent-extracted or mechanically extracted soybean meal, 2002, *J. Dairy Sci*, 85, 1197-1207.

incrementan en un 200% y en un 367% a los 8 y 29 días de pastoreo respectivamente (Agenäs, S, Holtenius, K, Griinari, M, Burstedt, E, 2002).¹⁵⁹

Según Griinari, J.M y otros¹⁶⁰ el efecto enriquecedor de las pasturas sobre los niveles de CLA en leche son consecuencia del consumo del ácido linoleico proveniente del pasto, su posterior conversión en trans-11C18:1 a nivel de rumen y la subsiguiente conversión a cis-9 trans-11 por obra de la delta-9 desaturasa mamaria.

En un estudio realizado por Stanton, C y otros¹⁶¹ luego de 17 semanas de alimentación pastoril encontraron que la cantidad de ácido linoleico conjugado en leche resulta dependiente de la oferta forrajera. Los menores valores se obtienen con una oferta de 16kg de MS/vaca/día comparado con los registrados ante de una oferta de 20kg de MS/vaca/día.

Una alimentación pastoril podría no ser una condición suficiente a fines de asegurar una producción estable de leche enriquecida en la mencionada molécula sin recurrir a suplementaciones estratégicas. La concentración lipídica en las pasturas y el porcentaje de ácido linoleico suele ser alto en crecimientos tempranos de primavera, forrajes muy tiernos, o al final del otoño para decaer marcadamente con la madurez del forraje (Bauchart, D, Verité, R, Rémond, B, 1984).¹⁶²

Resultados obtenidos en INTA de Balcarce han demostrado una importante disminución en el aporte de los C18:2 y C18:3 de las pasturas al avanzar el estado vegetativo de las mismas y el consumo de pastura inmadura incrementa el contenido de C18:2 en leche con tan solo un ligero aumento del contenido en C18:3.

También en alimentación pastoril se ha demostrado que la suplementación estratégica de la vaca con alimentos que contengan ácidos grasos insaturados conduce a incrementos en los valores basales de linoleico conjugado.

Los ensayos pastoriles conducidos en la EEA Balcarce del INTA también demuestran que es posible incrementar los niveles basales de CLA en leche a través de la suplementación de la vaca. Sobre una base pastoril representada por verdeos de avena, se estudia el efecto del reemplazo parcial de grano de maíz, por 0,9kg/d de

¹⁵⁹ Agenäs, S, Holtenius, K, Griinari, M, Burstedt, E, Effects of turnout to pasture and dietary fat composition and conjugated linoleic acid in dairy cows, 2002, *Acta.Agric. Scand, Sect. A, Animal Sci*, 52, 25-33.

¹⁶⁰ Griinari, J.M, Barman, D.E, Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants, 1999, in *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, vol 1, Pp180-200, Yurawoos, M.P, Mossoba, M.M, Framer, J.K.G, Pariza, M.W, Nelson, G.J, eds. A OCS Press Champaign, IL.

¹⁶¹ Stanton, C, Lawless, F, Kjellmer, G, Harrington, D, Devery, R, Connolly, J.F, Murphy, J, Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content, 1997, *J. Food Sci.* 62, 1083-1086.

¹⁶² Bauchart, D, Verité, R, Rémond, B, Long-chain fatty acid digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn, 1984, *Can. J. Anim. Sci.* 64 (suppl.): 330-331.

sales cálcicas insaturadas de ácidos grasos (AGI-Ca) conteniendo un 30% de C18:2 en vacas lecheras de raza Holstein con 116 días en lactancia.

La producción de leche es ligeramente incrementada (+6,4%) y la concentración grasa de la leche es disminuida (-11,7%) por el aporte de AGI-Ca. La concentración de ácidos grasos de cadena corta (-28%) y media (19,6%) resulta disminuida y la de ácidos grasos de cadena larga aumentada (+18,7%). Los CLA en leche experimentan un importante incremento de concentración respecto al grupo control (+57,6%) observándose además una alta variación entre vacas.

Un segundo experimento de suplementación con AGI-Ca sobre los niveles de CLA en leche fue conducido sobre pasturas de alfalfa utilizando vacas primíparas y multíparas durante los primeros 60 días de postparto. La producción de leche no difiere en las vacas multíparas (25,8kg/vaca/d) pero es incrementada (+8,8%) por las AGI-Ca en las primíparas (22,2kg/vaca/d) respecto a las control (20,4kg/vaca/d). La producción de ácidos grasos de cadena larga es 4% inferior en las vacas multíparas suplementadas con AGI-Ca (21,2kg/vaca/d) respecto a las control (24,5kg/vaca/d) debido a un menor contenido graso de la leche (35,5 vs 32,2 g/kg).

La suplementación con AGI-Ca redujo la concentración de los AG sintetizados de novo (C4:0 a C14:1) e incrementó la de los insaturados (C18:1, C18:2 y C18:3). A los 60 días de lactancia la concentración basal de cis-9, trans-11 CLA obtenida en pasturas de alfalfa (1,86g/100g de AG) resulta un 49% más alta en comparación a la observada en verdeos de avena (1,25g/100 g de AG). El aporte de AGI-Ca incrementa las concentraciones basales de CLA en tan solo un 12,6% solo en las vacas multíparas. La ausencia de un incremento significativo en la concentración de CLA en leche ante la suplementación con semilla de girasol es un resultado inesperado. Los altos valores promedio de CLA registrados en el tratamiento control (1,56g/100g d AG) y la alta variabilidad asociada a dicho parámetro en ambos tratamientos explicarían en parte el resultado obtenido (Vidaurreta, L.I, Gagliostro, G.A, Schroeder, G.F, Eyherabide, G, 2002a).¹⁶³

Podría hipotetizarse entonces que un exceso de C18:2 en el tratamiento con girasol pudo estar involucrado en la falta de efecto significativo sobre los tenores de CLA en leche debido a su alta capacidad inhibidora de la actividad microbiana (Enjalbert, 1995). La suplementación con 1,65kg de grano de colza incrementa significativamente el tenor de CLA en leche respecto al grupo de vacas que reciben solo pastura. Dicho incremento resulta en cambio no significativo ante el aporte de

¹⁶³ Vidaurreta, L.I, Gagliostro, G.A, Schroeder, G.F, Eyherabide, G, Partial replacement of corn grain by calcium salts of unsaturated fatty acid in grazing dairy cows: 1-Dry matter intake, mil production and composition. 2002a, (Abstract). *J. Dairy. Sci*, 85.311.

0,82kg/día de colza que representó unos 66gr de C18:2 (Stanton, C, Lawless, F, Kjellmer, G, Harrington, D, Devery, R, Connolly, J.F, Murphy, J, 1997).¹⁶⁴

Los trabajos revisados demuestran que el aporte de aceite libre de oleaginosas ricas en C18:2 es la vía más efectiva para incrementar los valores de ácido linoleico conjugado en leche. Resulta necesario un rápido y eficaz contacto del aceite con las bacterias a fin de favorecer la acumulación ruminal del ácido trans-11C18:1 precursor del ácido linoleico conjugado. Inhibidores naturales de la biohidrogenación total del trans-11C18:1 a nivel del rumen como los ácidos EPA Y DHA pueden potenciar el efecto citado. El aceite puede ser vehiculizado a través del aporte de granos oleaginosos, soja, colza, girasol, el tratamiento de dichos granos con calor y presión, extrusados, previo al suministro sería una vía idónea para alcanzar los objetivos alto CLA. Los granos oleaginosos no extrusados deberán ser finalmente molidos y mezclados con los otros componentes del concentrado a fines de facilitar un contacto rápido y eficaz entre el aceite y las bacterias del rumen.

Tabla 7. Composición en ácidos grasos en leche comercial estándar (LCE)¹ en comparación con leche alto CLA (LCLA).

Ácido graso (g/100g de AG totales)	LCE	LCLA
C4:0	1,95	1,13
C6:0	1,54	0,78
C8:0	1,01	0,55
C10:0	2,32	1,33
C12:0	2,76	1,58
C14:0	10,09	4,52
C16:0	27,43	19,29
C18:0	11,96	5,74
C18:1t10	0,36	6,48
C18:1t11 (AV)	2,29	17,05
C18:1c9	21,74	19,99
C18:2n6	2,14	3,33
C18:3n3	0,73	0,30
CLA c9t11	1,04	4,14
C20:5n3 (EPA)	0,07	0,23
C22:6n3 (DHA)	0,01	0,36
IA ²	2,32	0,74

¹ Leche entera "La Serenísima"
²IA= Índice de aterogenicidad

Fuente: Gagliostro G.A, 2007.¹⁶⁵

¹⁶⁴ Stanton, C, Lawless, F, Kjellmer, G, Harrington, D, Devery, R, Connolly, J.F, Murphy, J, ob.cit., p.68.

¹⁶⁵ Ibid.

Estos conceptos serán particularmente importantes cuando las vacas se encuentren en una condición de alimentación pastoril debido a que la tasa de pasaje resulta más rápido y la población microbiana involucrada en el proceso de biohidrogenación puede verse afectada. La alimentación pastoril resulta predisponente a obtener leches enriquecidas en dienos conjugados, los que pueden ser amplificados mediante una suplementación estratégica de la vaca con alimentos que contengan ácidos grasos insaturados. El suministro de ácidos grasos insaturados bajo la forma de sales cálcicas inertes en rumen a dado excelentes resultados en ensayo de alimentación pastoril llevado en la EEA Balcarce del INTA. La importante variabilidad detectada entre las vacas resalta también la importancia de avanzar en la obtención de marcadores moleculares indicativos de una alta capacidad de generación de CLA. Este procedimiento sumado a manipulaciones precisas en la nutrición de las vacas más aptas del rodeo permitirán ser más eficientes a la hora de generar productos lácteos diferenciados por sus propiedades benéficas sobre la salud de los consumidores.¹⁶⁶

¹⁶⁶ Gagliostro, G.A, ob.cit.,p.159.

A través de la presente investigación se evalúa el grado de aceptación y diferencia, de un yogurt funcional, elaborado a partir de una leche funcional alto CLA y uno control, y sus características organolépticas, siendo estas aroma, textura, sabor y color.

Este estudio es de tipo exploratorio ya que se trata de examinar un tema poco estudiado y sirve para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos poco conocidos o desconocidos, con el fin de aumentar el nivel de conocimiento y con la posibilidad de establecer un punto de partida para investigaciones posteriores. También es descriptivo ya que mide variables con el fin de especificar propiedades importantes del fenómeno a evaluar, como son las características organolépticas y la aceptación. Al mismo tiempo este trabajo es transversal, se observa en un tiempo determinado las manifestaciones de las diferentes personas que se someten a la prueba del producto de investigación, y los hechos se registran por única vez, no siendo el tiempo importante en relación con la forma que se dan los fenómenos.

Las variables que se utilizan para el desarrollo de esta investigación son:

✦ Edad

Definición Conceptual: tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento expresada en años.

Definición Operacional: tiempo que han vivido los alumnos de la carrera de Nutrición y Ciencias médicas de la Universidad FASTA. Este dato será obtenido a través de una encuesta.

✦ Sexo

Femenino o masculino.

✦ Grado de aceptabilidad

Definición Conceptual: grado de aprobación que demuestra el consumidor ante un producto posterior a su degustación, a través de distintos aspectos sensoriales:

- Color: Percepción visual que se genera en el cerebro al interpretar las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores de la retina del ojo y que a su vez interpretan y distinguen las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético, es una sensación que nos permite diferenciar los objetos con mayor precisión, siendo un factor muy importante para valorar la calidad de un alimento.
- Sabor: combina tres propiedades olor, aroma, y gusto; se define como la sensación que produce el alimento en las papilas gustativas presentes en la

- lengua. El sabor es lo que diferencia un alimento de otro
- Aroma: Consiste en la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas de un alimento después de haberse puesto en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a través del eustaquio a los centros sensores del olfato. El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos.
 - Textura: Propiedad de los alimentos apreciada por los sentidos del tacto, la vista y el oído; se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación.

Definición Operacional: grado de aprobación del yogurt funcional por parte de los alumnos pertenecientes a la carrera de Licenciatura en Nutrición y Ciencias Médicas de la Universidad F.A.S.T.A, esta dada por las características organolépticas, estas son evaluadas por cada uno de los integrantes que conforma la muestra, mediante la degustación del alimento en estudio.

Posteriormente se realiza una encuesta donde, a través del método de escala hedónica, se responde a las características mencionadas, para evaluar según el criterio de cada uno, cuál es el grado de aceptabilidad del alimento.

La escala hedónica consta de 5 puntos, siendo las alternativas de respuesta las siguientes: 1 Me disgusta mucho, 2 Me disgusta, 3 No me gusta ni me disgusta, 4 Me gusta, 5 Me gusta mucho.

✦ Grado de diferencia:

Definición Conceptual: nivel de discrepancia que hay entre dos productos comparados entre sí.

Definición Operacional: nivel de discrepancia existente entre el yogurt elaborado con leche de vaca alto CLA y el yogurt control por parte de los alumnos pertenecientes a la carrera de Licenciatura en Nutrición y Ciencias Médicas de la Universidad F.A.S.T.A, en relación a la degustación de los dos tipos de yogurt, a partir de una evaluación subjetiva, donde se determina el grado de diferencia, por medio de una prueba discriminativa, en la cual se clasifica la sensación personal en 5 puntos, siendo las alternativas de respuesta las siguientes: No hay diferencia, Diferencia pequeña, Diferencia moderada, Gran diferencia, Extremadamente diferentes.

✦ Frecuencia de consumo

Definición Conceptual: acción y efecto de adquirir los productos que hay en el mercado.

Definición Operacional: acción y efecto de adquirir diferentes tipos de yogurt por los alumnos de la carrera de Nutrición y Ciencias Médicas de la Universidad F.A.S.T.A.

✦ Nivel de información

Definición Conceptual: fenómeno que proporciona significado o sentido a las cosas, e indica mediante conjunto de datos los modelos del pensamiento humano. La información por tanto, procesa y genera el conocimiento humano.

Definición Operacional: fenómeno que proporciona la evaluación del nivel de información que tienen los alumnos de las carreras de Nutrición y Ciencias Médicas de la Universidad FASTA sobre el ácido linoleico conjugado, ácidos grasos trans y alimentos funcionales. El instrumento que se utiliza para este trabajo es una encuesta de realización propia, creada para tal fin y que contenga todos los aspectos a evaluar en donde se podrá arribar a una evaluación global que determinará el nivel de Información en:

- 1-Información excelente
- 2-Información buena
- 3-Información regular
- 4-Información mala

-Excelente: para aquellas personas que hayan respondido el 100% de las respuestas en forma correcta.

-Buena: para aquellas personas que hayan respondido el 75% de las respuestas en forma correcta.

-Regular: para aquellas personas que hayan respondido el 50% de las respuestas en forma correcta.

-Mala: para aquellas personas que hayan respondido menos del 50% de las respuestas en forma correcta.

El estudio consiste en la degustación de un yogurt elaborado con leche funcional y un yogurt control por parte de 120 alumnos de la Universidad F.A.S.T.A que concurren a la sede San Alberto Magno cursando las carreras de Nutrición y Ciencias Médicas en los diferentes años de las mismas.

El instrumento que se utiliza para este trabajo es una encuesta de realización propia, creada para tal fin y que contenga todos los aspectos a evaluar.

Consentimiento Informado

La evaluación sensorial en yogurt elaborado con leche funcional alto CLA y un yogurt control es un trabajo de investigación correspondiente a la Tesis de Licenciatura en Nutrición de Elisa Massa Grilli, en donde se realiza la siguiente encuesta la que servirá para establecer la aceptación del producto y sus características organolépticas, donde se garantiza el secreto estadístico y la confidencialidad de la información brindada por los encuestados exigida por ley.

Por esta razón le solicito su autorización para participar de este estudio, que consiste en degustar un yogurt y luego responder una serie de preguntas.

La decisión de participar es voluntaria.

Agradezco su colaboración.

Yo _____ en mi carácter de encuestado, habiendo sido informado y entendiendo los objetivos y características del trabajo, acepto participar de la encuesta.

Fecha _____ Firma _____

Encuesta:

Análisis sensorial del yogurt elaborado con leche funcional alto CLA

1) **Sexo**

Femenino		Masculino	
----------	--	-----------	--

2) **Edad**

--

3) **¿Consume habitualmente yogurt?**

SI		NO	
----	--	----	--

4) **En caso de contestar SI, ¿Con qué frecuencia?**

Días de la semana								→ ¿Cuántos por día?
Menos de 1 vez	1	2	3	4	5	6	7	

5) **¿Conoce usted lo que son los alimentos funcionales?**

SI		NO	
----	--	----	--

6) **En caso de que su respuesta sea afirmativa marque la opción correcta**

Son alimentos que cumplen una función específica mejorando la salud y reduciendo los riesgos de contraer enfermedades	
Son cualquier ingrediente agregado a los alimentos sin el propósito de nutrir, con el objetivo de modificar las características químicas, físicas y sensoriales de los mismos.	
Son alimentos dietéticos que sufren un incremento en alguno de sus principios nutritivos, con el objetivo de resolver deficiencias en alimentos.	

7) ¿Ha escuchado hablar del CLA, ácido linoleico conjugado? (En caso de contestar NO, pasar a la pregunta 10)

SI		→	¿Qué propiedades conoce?	
NO			Antiaterogénicas	
			Anticancerígenos	
			Sobre el sistema inmune	
			Antioxidantes	
			Sobre el control de la obesidad	
			Sobre su implicancia en la diabetes 2	

8) Identifique a continuación la opción correcta sobre el CLA.

Es un isómero del ácido linoleico que presenta configuración cis	
Es un isómero del ácido linoleico que presenta configuración trans	

9) ¿Conoce la leche funcional alto CLA desarrollada en el INTA Balcarce?

SI		→	¿Mediante que fuentes accedió a la noticia?	
NO			Diarios nacionales	
			Diarios locales	
			Noticieros nacionales	
			Noticieros locales	

10) ¿Conoce las fuentes de ácidos grasos trans existentes?

SI		→	¿Cuáles?	
NO			Margarinas	
			Leche y subproductos	
			Carnes y derivados	
			Todas las anteriores	

11) Prueba de diferencia y aceptabilidad:

Pruebe los dos tipos de yogurt presentados para su degustación, y marque con una cruz la opción que prefiera:

Opciones	
No hay diferencia	
Diferencia pequeña	
Diferencia moderada	
Gran diferencia	
Extremadamente diferentes	

12) En caso de existir diferencia, complete con una cruz lo siguiente (puede elegir más de una opción):

La diferencia se basa en:	
Color	
Sabor	
Aroma	
Textura	

13) Con respecto a las características organolépticas de cada muestra, exprese su opinión, colocando una X.

	Me disgusta mucho	Me disgusta	No me gusta, ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Color 641					
Color 120					
Sabor 641					
Sabor 120					
Aroma 641					
Aroma 120					
Textura 641					
Textura 120					

14) Luego de haber degustado ambos productos, marque con una cruz la opción que corresponda según su opinión para cada muestra.

Opciones	Muestra 120	Muestra 641
Me gusta mucho		
Me gusta		
No me gusta, ni me disgusta		
Me disgusta		
Me disgusta mucho		

15) ¿Reemplazaría usted el yogurt convencional por el yogurt alto CLA?

SI		NO	
----	--	----	--

Si, ¿por qué?

Es más rico	
Tiene muchas propiedades	
Es natural y no posee agregado exógeno de la molécula	
Para mejorar mi alimentación	
Otras ¿Cuáles?	

No, ¿por qué?

Su sabor no me agrada	
No consumo gran cantidad de yogurt	
No me parece que brinde algún beneficio en mi alimentación	
Prefiero otros tipos de yogurt	
Otras ¿Cuáles?	

Muchas Gracias!!!!

La leche funcional Alto CLA, se obtiene en el tambo de la Estación Experimental Balcarce del INTA con una duración de 4 semanas.

Se utilizan dos vacas de la raza Holando Argentina, las vacas son alimentadas con una pastura de avena más un concentrado comercial. A partir del 7° día una de las vacas es suplementada con AVS-CLA para producir leche funcional.

A la vaca que produce leche Control se la alimenta con pastura de avena, 28kg/MS/vaca/día y 6kg de concentrado sin el agregado de AVS-CLA, a la vaca que produce leche Funcional, se le administra la misma cantidad de avena y concentrado más AVS-CLA al 4,5% del consumo total estimado de materia seca de la vaca.

Los días 7 al 20 son de acostumbramiento, y desde el día 20 al 30 se toma una muestra para observar la variable respuesta.

El AVS-CLA es una mezcla de aceite vegetal poliinsaturado y de aceite de pescado que contiene un 90% de MS, 76% grasa bruta, 14% de cenizas, 69% de aceite de soja y un 7% de aceite de pescado.

El día 30 se procede a recolectar la leche de las dos vacas para la elaboración de los yogurt control y funcional.

El proceso para elaborar yogurt alto CLA es igual al de preparar yogurt convencional. Puntos críticos como la temperatura durante el proceso de fermentación y los tiempos de elaboración serán factores de control.

El primer paso para su elaboración es la selección de una adecuada materia prima.

El segundo paso consiste en seleccionar cuidadosamente los cultivos de yogurt. El yogurt de leche de vaca alto CLA utiliza los mismos cultivos que el yogurt tradicional, estos son, *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, ambos se desarrollan a altas temperaturas y se venden en el mercado en forma deshidratada. Estos cultivos son los que le darán al producto sus características organolépticas particulares. Luego se incuba el producto a 41°C, por un período de 6 horas.

Durante el período de incubación, los cultivos se multiplican, y producen ácido láctico y otros compuestos, existiendo una relación sinérgica entre estos dos cultivos que incrementan los niveles de ácido láctico y acetaldehídos.

El *Lactobacillus bulgaricus* libera valina, histidina y glicina las cuales estimulan el crecimiento de *Streptococcus thermophilus*, y a su vez este último, produce formiato, que es una sustancia que estimularía el crecimiento de *L. bulgaricus*.

Luego de 6hs se procede a colocar el producto en el refrigerador a 2-4°C.

Al final con el producto ya elaborado, se procede al envasado en envases de polietileno previamente desinfectados y esterilizados.

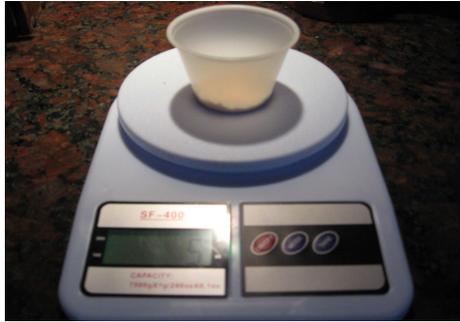
El producto se debe almacenar entre 2-4°C en refrigerador hasta el momento de su consumo.

Tabla 8. Ingredientes para la elaboración del yogurt.

Ingredientes	Cantidad (Degustación)
 Leche	10 litros
 Bacterias	10 gramos
 Estabilizante	60gramos
 Azúcar	750 gramos

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°1: Proceso de elaboración del yogurt



1-Pesar los ingredientes a utilizar



2-Poner a calentar 1 litro de leche durante 2 minutos a 41°C



3-Agregar 5 cucharadas de azúcar y revolver bien



4-Incorporar 1/2 sobre de gelatina sin sabor (3,5gr), previamente diluida en agua caliente, batir hasta que se integre



5-Agregar 1gr de bacterias deshidratadas. Luego colocar la preparación en un termo y dejar entre 6-8horas en un lugar cálido. El paso siguiente es colocarla en recipientes adecuados y enfriar en heladera.



6-Realización de la degustación a los alumnos de la Universidad F.A.S.T.A

Fuente: Elaboración propia

En una etapa posterior, se alicuotan 100ml de cada leche y 100ml de cada yogurt, se envían las muestras al INTI-lácteos Buenos Aires, para la determinación del perfil de ácidos grasos por cromatografía gaseosa, obteniéndose los siguientes datos.

Tabla 9: Composición en ácidos grasos, presentes en leche control y leche funcional, expresados en g/100g de AG totales.

Ácidos grasos	Leche Control	Leche Funcional
C4:0	1,95	2,05
C6:0	1,54	1,25
C8:0	1,01	0,72
C10:0	2,32	1,55
C10:1	0,37	0,17
C12:0	2,76	1,84
C12:1	0,07	0,07
C14:0	10,09	7,37
C14:1	1,15	0,72
C15:0	1,13	0,90
C15:1	0,21	0,18
C16:0	27,43	21,18
C16:1	1,64	1,02
C18:0	11,96	15,39
C18:1 8t	0,36	0,66
C18:1 9t	0,23	0,56
C18:1 10t	0,36	1,07
C18:1 11t (AV)	2,29	6,31
C18:1 9c	21,74	27,99
C18:3	0,73	0,59
C18:2 9c 11t (CLA)	1,04	2,85
C20:4 (ARA)	0,30	0,10
C20:5 (EPA)	0,07	0,04
C22:6 (DHA)	0,01	0,02
IA	2,32	1,43

Fuente: INTI – Lácteos, Buenos Aires, Lab. Cromatografía y Ensayos Especiales
www.inti.gob.ar/lacteos/

Tabla 10: Composición en ácidos grasos, presentes en yogurt control y yogurt funcional, expresados en g/100g de AG totales.

Ácidos grasos	Yogurt Control	Yogurt Funcional
C4:0	2,73	2,33
C6:0	1,88	1,44
C8:0	1,19	0,91
C10:0	2,74	1,96
C10:1	0,30	0,24
C12:0	3,25	2,34
C12:1	0,10	0,10
C14:0	10,53	8,77
C14:1	1,03	1,07
C15:0	1,07	1,14
C15:1	0,25	0,22
C16:0	28,2	23,51
C16:1	1,44	1,27
C18:0	12,00	11,90
C18:1 8t	0,34	0,63
C18:1 9t	0,28	0,54
C18:1 10t	0,63	0,96
C18:1 11t (AV)	1,99	5,8
C18:1 9c	23,45	25,09
C18:3	0,58	0,77
C18:2 9c 11t (CLA)	1,07	3,16
C20:4 (ARA)	0,16	0,14
C20:5 (EPA)	0,04	0,00
C22:6 (DHA)	0,02	0,00
IA	2,18	1,52

Fuente: INTI – Lácteos, Buenos Aires, Lab. Cromatografía y Ensayos Especiales
www.inti.gov.ar/lacteos/

Tabla 11: Valores promedio del perfil de ácidos grasos presentes en leche funcional y yogurt funcional.

Ácidos grasos	Leche Funcional	Yogurt Funcional
C4:0	2,05	2,33
C6:0	1,25	1,44
C8:0	0,72	0,91
C10:0	1,55	1,96
C10:1	0,17	0,24
C12:0	1,84	2,34
C12:1	0,07	0,10
C14:0	7,37	8,77
C14:1	0,72	1,07
C15:0	0,90	1,14
C15:1	0,18	0,22
C16:0	21,18	23,51
C16:1	1,02	1,27
C18:0	15,39	11,90
C18:1 8t	0,66	0,63
C18:1 9t	0,56	0,54
C18:1 10t	1,07	0,96
C18:1 11t (AV)	6,31	5,8
C18:1 9c	27,99	25,09
C18:3	0,59	0,77
C18:2 9c 11t (CLA)	2,85	3,16
C20:4 (ARA)	0,10	0,14
C20:5 (EPA)	0,04	0,00
C22:6 (DHA)	0,02	0,00
IA	1,43	1,52

Fuente: INTI – Lácteos, Buenos Aires, Lab. Cromatografía y Ensayos Especiales
www.inti.gov.ar/lacteos/

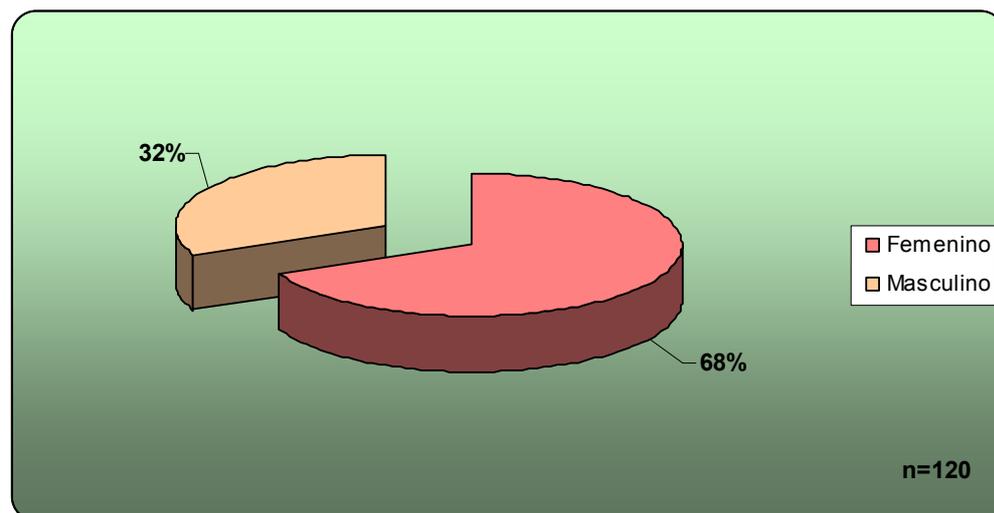
Para llevar a cabo la investigación se realiza un trabajo de campo en la Universidad F.A.S.T.A con un grupo de 120 personas, pertenecientes a las carreras de Licenciatura en Nutrición y Ciencias Médicas.

El trabajo consiste en una degustación de un yogurt elaborado con leche funcional alto CLA, y un yogurt control elaborado con leche estándar, seguido de una encuesta en la cual se busca determinar el grado de aceptación del producto, la diferencia de este con un yogurt control, así como también investigar acerca del conocimiento y frecuencia de consumo del yogurt.

A partir de las respuestas obtenidas en las entrevistas realizadas, surgen los siguientes resultados.

La distribución por sexo del total de encuestados corresponde mayoritariamente al sexo femenino representado por el 68%.

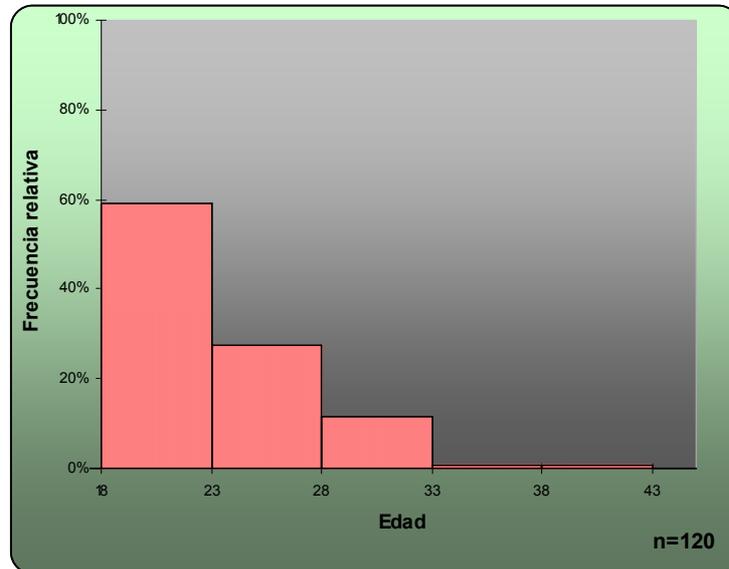
Gráfico 1: Distribución por sexo



Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico muestra la distribución por edades de los estudiantes.

Gráfico 2: Distribución por grupo etáreo

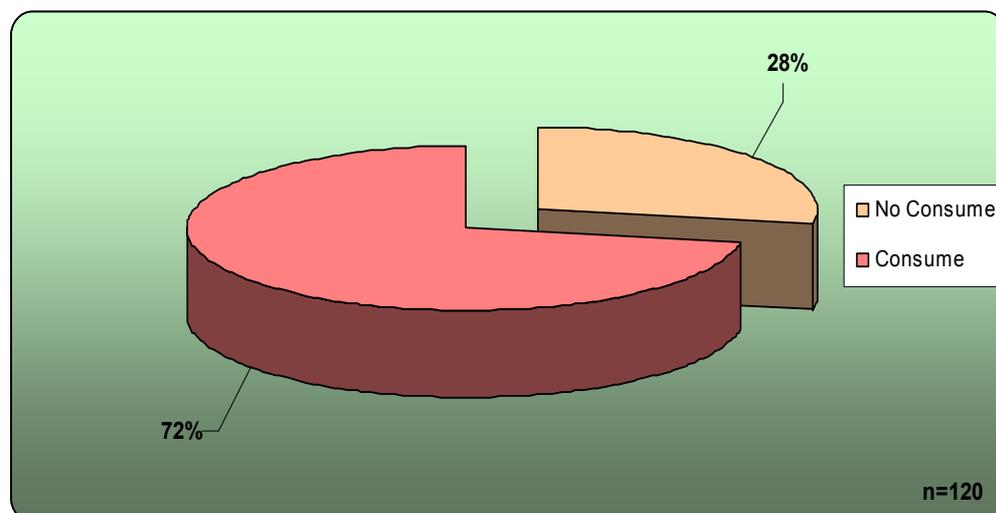


Fuente: Elaboración propia

La muestra encuestada tiene una edad comprendida entre los 18 y 43 años; más de la mitad de la muestra se ubica entre los 18 y 23 años, siendo la mayor concentración entre 18 y 27 años en un 87%; ubicándose el 16% restante entre los 28 y 43 años.

Se consulta a los participantes sobre el consumo habitual de yogurt, debiendo indicar también la frecuencia de dicho consumo.

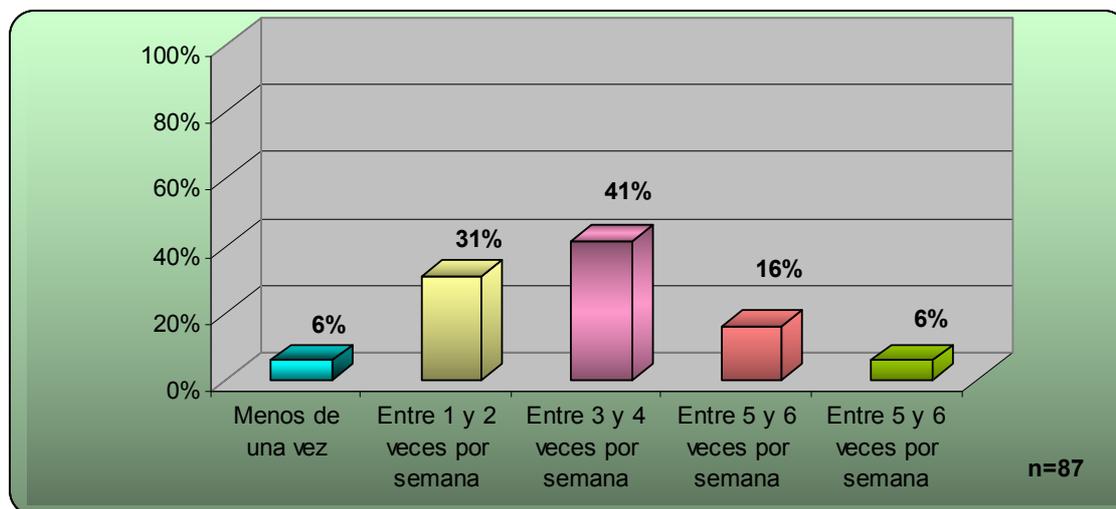
Gráfico 3: Consumo habitual de yogurt



Fuente: Elaboración propia

Tal como se refleja en el gráfico, del total de la muestra encuestada, el 28% no manifiesta consumir yogurt, se puede destacar que una gran proporción de la muestra incorpora este alimento como parte de su dieta habitual (73%).

Gráfico 4: Frecuencia de consumo



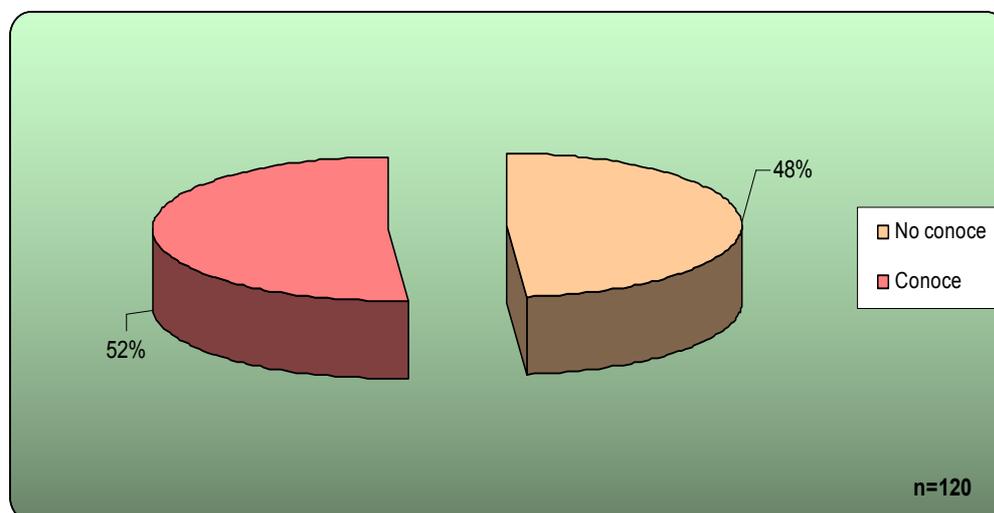
Fuente: Elaboración propia

En relación a la frecuencia de consumo de este alimento en la muestra encuestada se puede observar que entre quienes refieren consumir yogurt como parte de su dieta habitual, un 41% lo consume entre 3 y 4 veces por semana siendo este el porcentaje mayor, y un 31% lo consume entre 1 y 2 días por semana, concentrándose la mayor proporción entre esos dos rangos de días.

También entre quienes consumen habitualmente yogurt se indaga sobre la cantidad consumida cada vez que lo hacen, obteniéndose como respuesta que el 92% consume un yogurt por día, y solo el 8% dos por día.

A continuación se evalúa las respuestas de los encuestados en relación al conocimiento sobre alimentos funcionales.

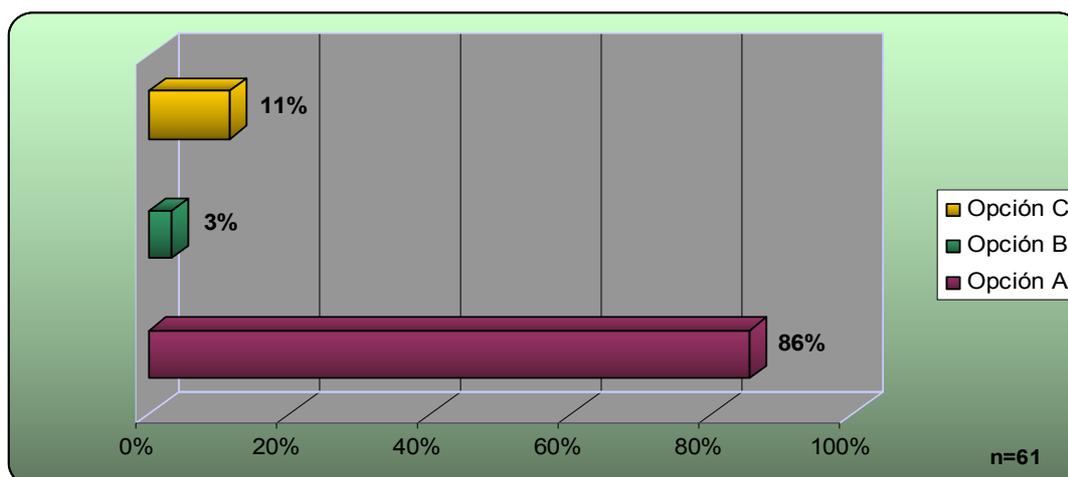
Gráfico 5: Nivel de información sobre alimentos funcionales



Fuente: Elaboración propia

En relación a la información el 52% de los encuestados afirma conocerlos. A quienes respondieron que “SI” se les presentan tres opciones de definiciones de alimentos funcionales, para que determinen cual es la correcta sobre estos alimentos.

Gráfico 6: Definición de Alimentos Funcionales



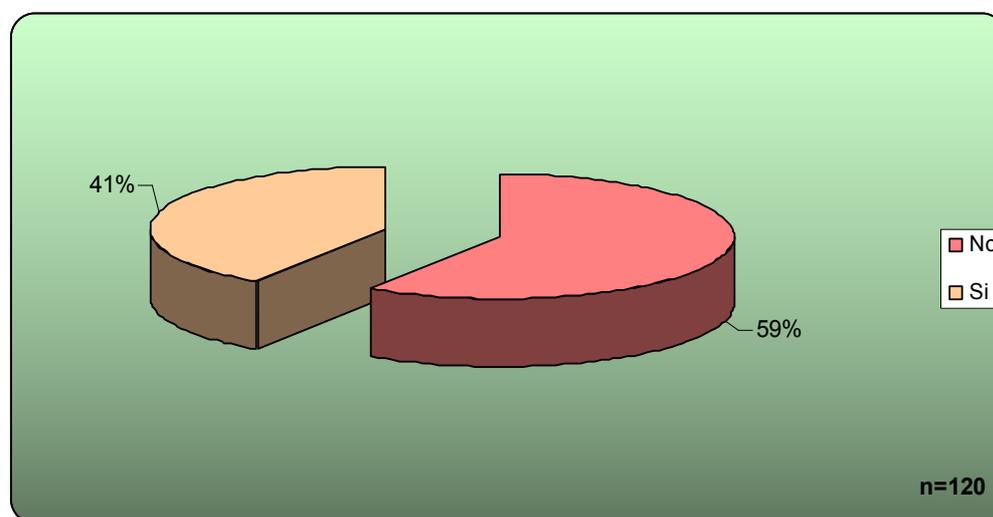
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 6, se puede observar que el 86% elige la opción A que define a los alimentos funcionales como “Alimentos que cumplen una función específica mejorando la salud y reduciendo los riesgos de contraer enfermedades”, siendo esta la correcta,

mientras que el 11% elige la opción C que define a estos alimentos como, “Alimentos dietéticos que sufren un incremento en alguno de sus principios nutritivos, con el objetivo de resolver deficiencia en alimentos”, siendo esta una opción incorrecta. Por último solo el 3% selecciona la B que define a los alimentos funcionales como “Cualquier ingrediente agregado a los alimentos sin el propósito de nutrir, con el objetivo de modificar las características químicas, físicas y sensoriales de los mismos”, siendo esta también una opción incorrecta.

Al indagar sobre si los encuestados han oído hablar del CLA, surgen los siguientes datos.

Gráfico 7: Conocimiento sobre el CLA, Ácido Linoleico Conjugado

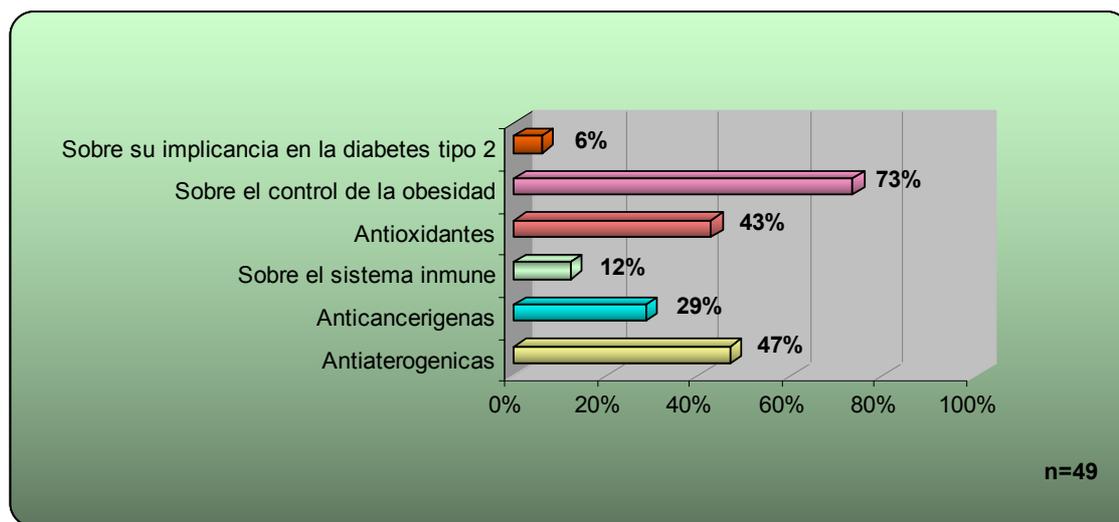


Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los encuestados no ha escuchado hablar del ácido linoleico conjugado, y solo el 41% respondió de manera afirmativa.

Posteriormente entre quienes respondieron de manera afirmativa a la anterior pregunta, se indaga sobre las propiedades de ácido linoleico conjugado, se les presentó seis opciones correctas que debían identificar sin saber de cuantas se trataba.

Gráfico 8: Propiedades del Ácido Linoleico Conjugado

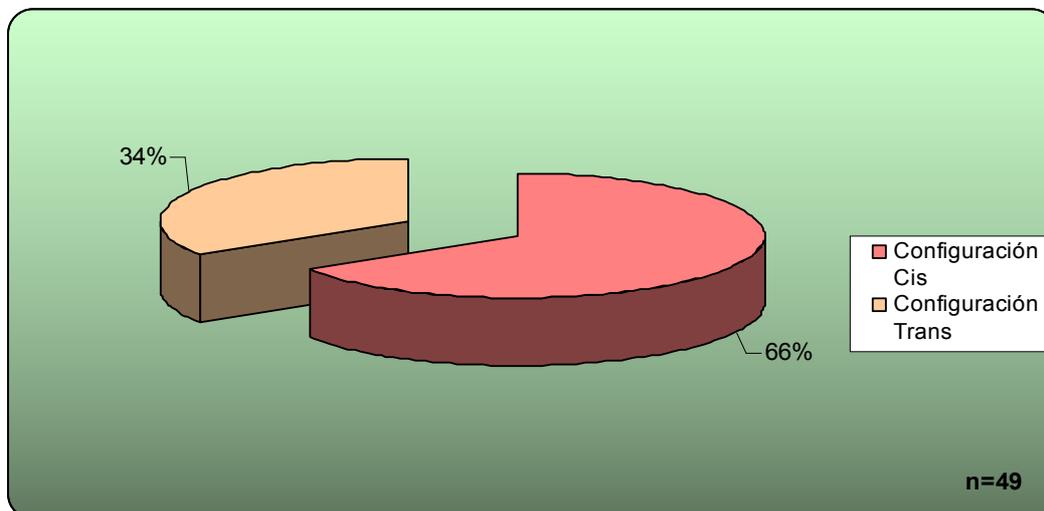


Fuente: Elaboración propia

Entre aquellos alumnos que han oído hablar del CLA, el 73% reconoce de este ácido graso la propiedad sobre el control de la obesidad, el 47% reconoce la propiedad antiaterogénica, y el 43% la función antioxidante del mismo, quedando el resto con porcentajes por debajo del 30%.

En el siguiente gráfico se evalúa las respuestas de los encuestados en relación a la configuración geométrica del CLA, ácido linoleico conjugado.

Gráfico 9: Reconocimiento sobre la configuración geométrica del CLA

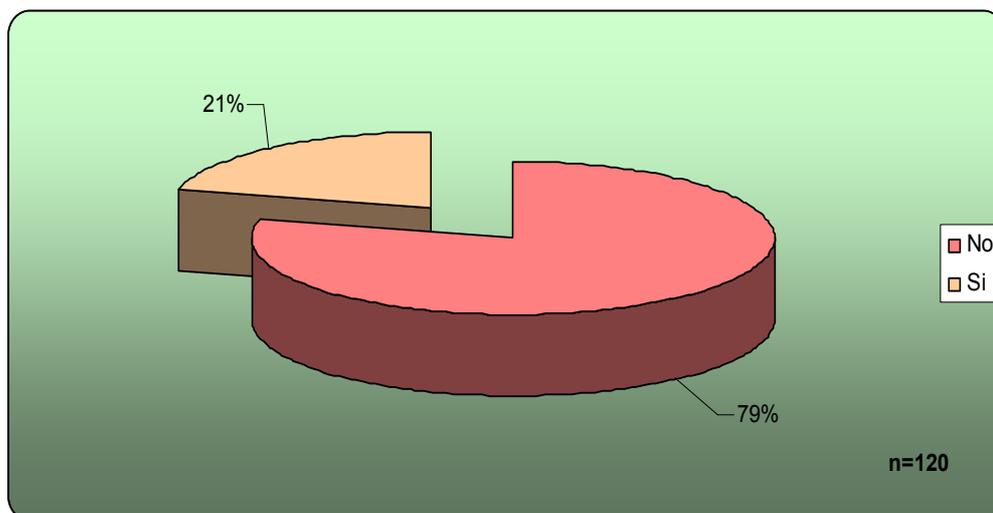


Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse del 41% de los alumnos que han oído hablar del CLA, solo el 34% responde de manera correcta al preguntar sobre la configuración geométrica de la molécula.

A continuación se evalúa las respuestas de los encuestados en relación al conocimiento sobre la leche funcional desarrollada en el INTA Balcarce.

Gráfico 10: Conocimiento sobre la leche funcional alto CLA

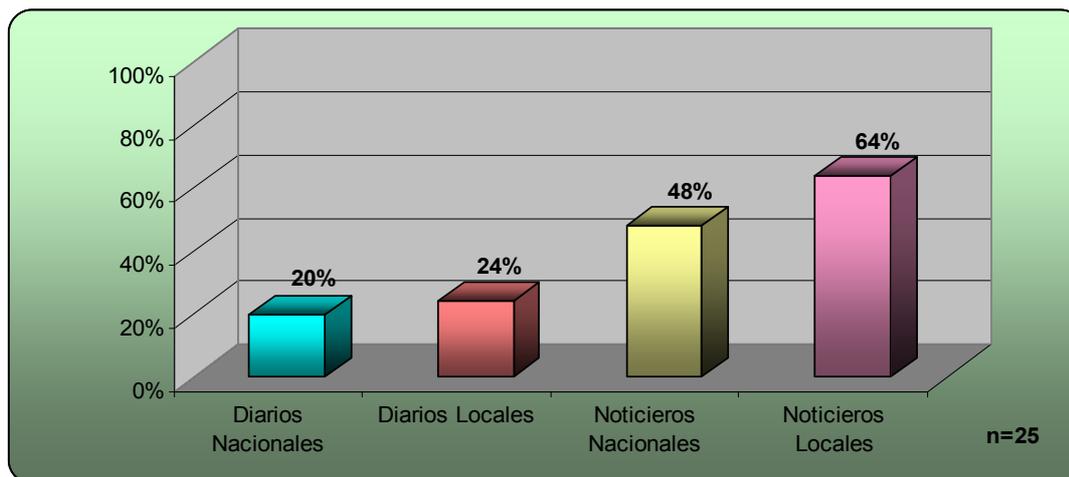


Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la gran mayoría de los encuestados, representando un 79% de la muestra, desconoce la leche funcional desarrollada en INTA.

Además entre quienes respondieron conocer la leche funcional, se interroga mediante que medios de comunicación accedieron a la noticia, por lo que surgen los siguientes resultados.

Gráfico 11: Fuentes de acceso a la noticia

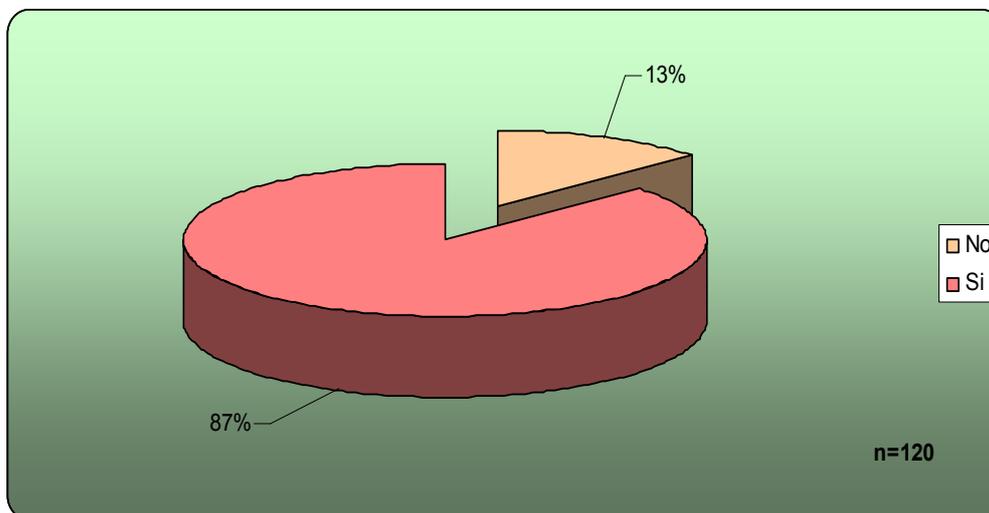


Fuente: Elaboración propia

Más de la mitad de los estudiantes (64%) que conocen la leche funcional desarrollada en INTA manifiesta haber obtenido información al respecto mediante noticieros locales, el 48% por noticieros nacionales, y en inferiores porcentajes quienes refieren haberse informado mediante diarios ya sean locales o nacionales.

Siendo el CLA, un ácido graso trans, interesa indagar el conocimiento que tienen los encuestados acerca de este grupo.

Gráfico 12: Conocimiento sobre las fuentes de ácidos grasos trans

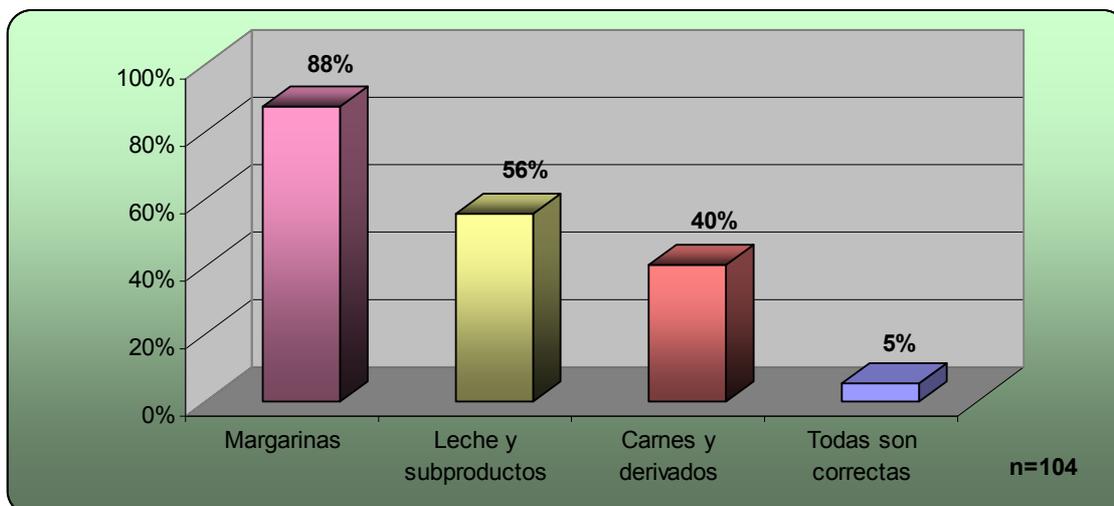


Fuente: Elaboración propia

En relación al conocimiento sobre las fuentes de ácidos grasos trans existentes, se observa que del total de los estudiantes encuestados, un 87% conoce acerca de las mismas.

A continuación a quienes responden que "SI" se les presentan cuatro opciones, para que identifiquen y no se menciona cuál o cuáles son las correctas.

Gráfico 13: Fuentes de ácidos grasos trans

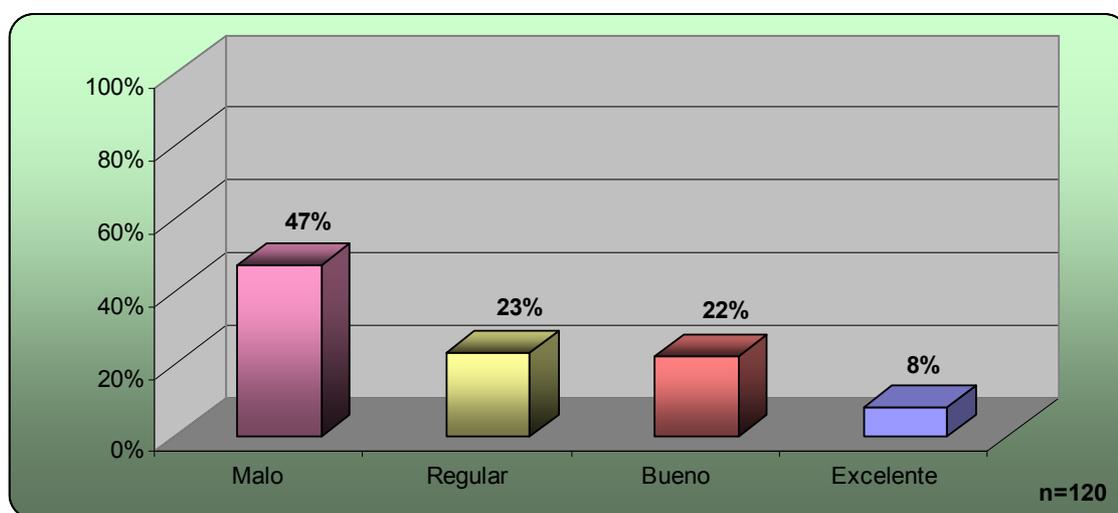


Fuente: Elaboración propia

Los datos revelan que el 88% de los alumnos identifican a las margarinas como fuente de ácidos grasos trans, mientras que el 56% identifica a la leche y subproductos y el 40% a la carne y derivados. Tan solo el 5% tiene referencias sobre todas las fuentes de ácidos grasos trans existentes.

De la encuesta realizada a los alumnos, se logra determinar el nivel de información que tienen los mismos sobre el ácido linoleico conjugado, ácidos grasos trans y alimentos funcionales.

Gráfico 14: Nivel de información sobre CLA, ácidos grasos trans y alimentos funcionales



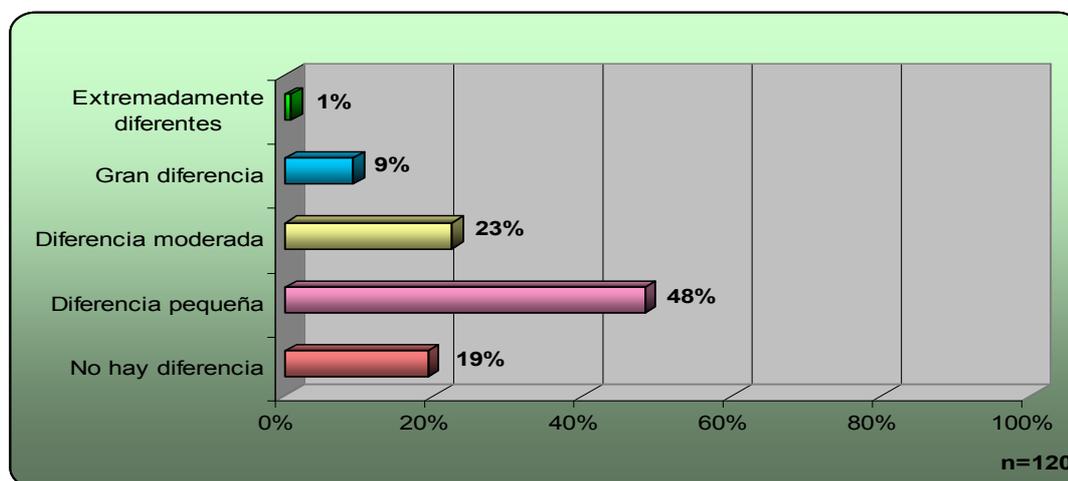
Fuente: Elaboración propia

Surge del siguiente gráfico que el 47% de los encuestados posee un nivel de información Malo. Tan solo el 8% de la muestra ha podido responder de manera correcta todas las preguntas, obteniendo un nivel de información Excelente, y por último, las categorías Regular y Bueno, con porcentajes por debajo del 30%.

La siguiente etapa de la encuesta fue una evaluación sensorial y prueba de diferencia y aceptabilidad. En el proceso de degustación participaron 120 alumnos, a los cuales se les entrega, una muestra de yogurt control, rotulado con el número 641, y una muestra de yogurt funcional, elaborado con leche alto CLA, rotulado con el número 120, ambos de sabor natural, se les consulta acerca de si existe o no diferencia entre ambos productos, y en caso de existir en que se basa la misma. Además, teniendo en cuenta las características organolépticas que incluían color, sabor, aroma y textura, se pide una calificación para cada una de ellas por medio de una escala hedónica de 5 puntos.

En los siguientes gráficos se observa la opinión de los encuestados.

Gráfico 15: Prueba de diferencia

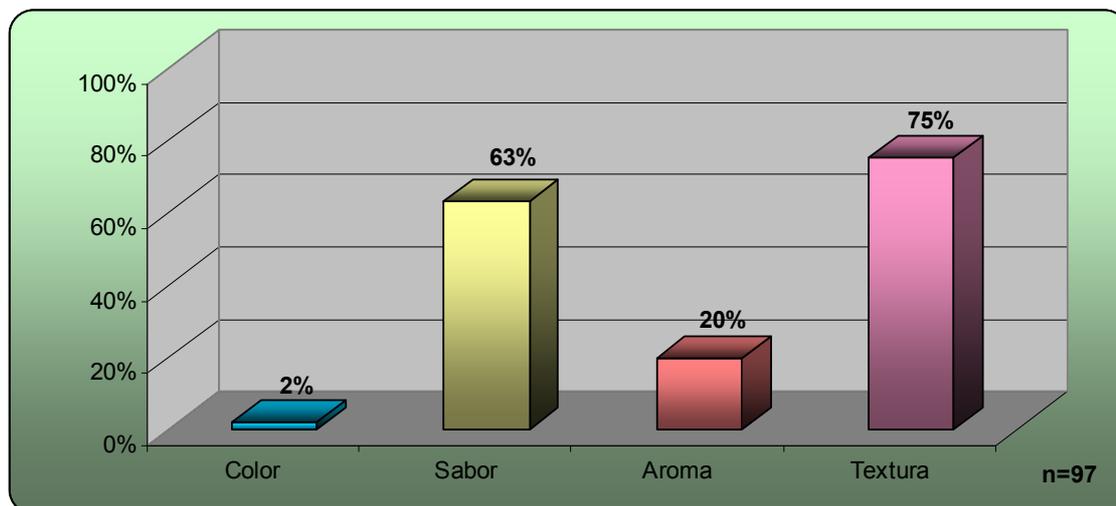


Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la diferencia, en el gráfico se observa que el 48% de los alumnos considera que existe una diferencia pequeña, y con porcentajes similares quedan las opciones, diferencia moderada y no hay diferencia, siendo el 23% y el 19% respectivamente.

Luego entre aquellos alumnos que indicaron que existía diferencia, se indaga sobre cual o cuales de los caracteres organolépticos son los que marcan esta diferencia. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Gráfico 16: Caracteres organolépticos que marcan la diferencia

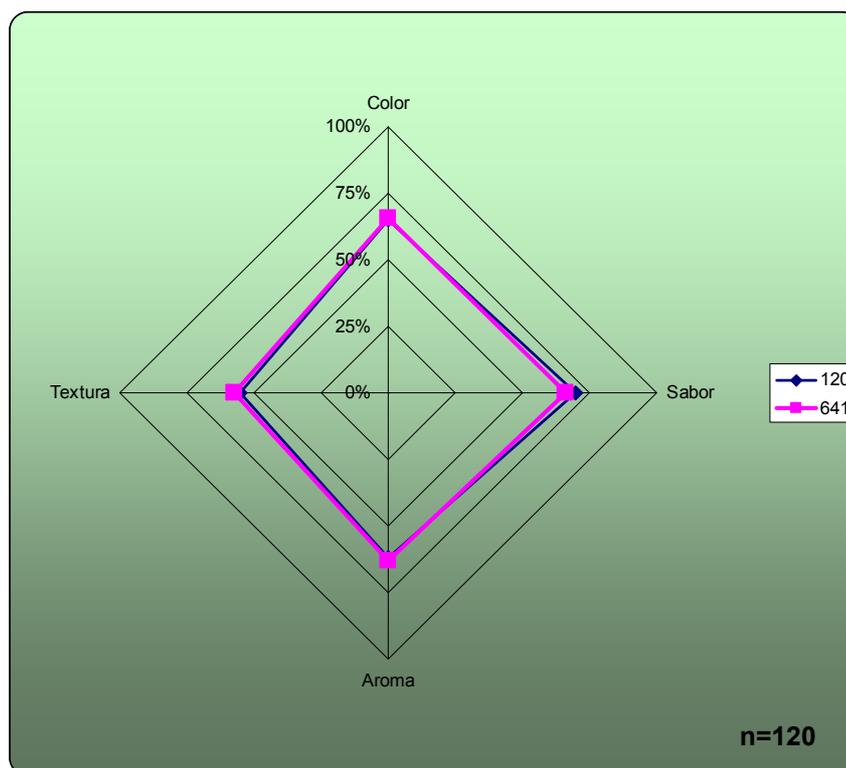


Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el 75% de la muestra considera que la diferencia entre ambos productos está en la textura, seguido por el sabor en un 63%. Cabe destacar que tanto el aroma como el color registraron porcentajes que no superaron el 20%.

Luego, con el fin de evaluar individualmente cada uno de los caracteres organolépticos, se les pide a los alumnos que participan de la degustación que califiquen a cada uno de ellos utilizando una escala hedónica. Las opciones posibles de respuesta van desde “Me disgusta mucho” hasta “Me gusta mucho”. A partir de las respuestas de los participantes se determinó el grado de aceptabilidad de cada uno de ellos. Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico 17: Grado de aceptabilidad



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°1: Resultados de las características organolépticas de cada muestra

	120	641
Color	65%	65%
Sabor	70%	66%
Aroma	62%	63%
Textura	55%	57%

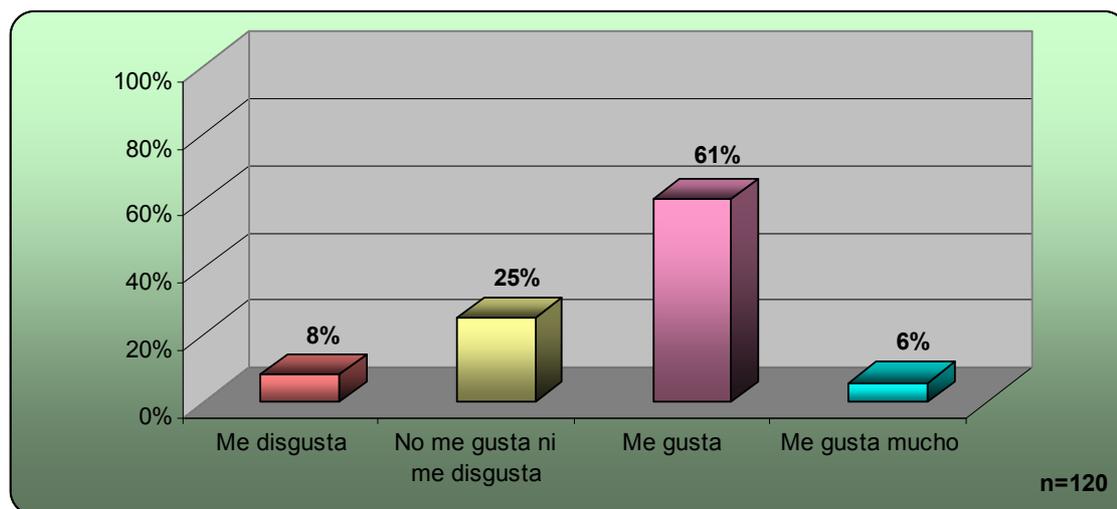
En el gráfico N°17 se puede observar, que ambas muestras presentan un grado de aceptabilidad muy similar en cada uno de los caracteres.

Dado que los grados de aceptación correspondiente al 50% y 75% equivalen respectivamente a “No me gusta, ni me disgusta” y “Me gusta”, se puede determinar que cada uno de los caracteres de ambas muestras se encuentran entre estas opciones. El sabor es el atributo que mayor porcentaje obtuvo con 70% para la

muestras 120 y 66% para la muestra 641. Cabe mencionar que el carácter organoléptico que menores porcentajes de aceptación presenta es la textura.

Luego se indaga acerca de la opinión general del yogurt estándar y del yogurt funcional, para evaluar la aceptabilidad de cada producto. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Gráfico 18: Grado de aceptabilidad del yogurt estándar

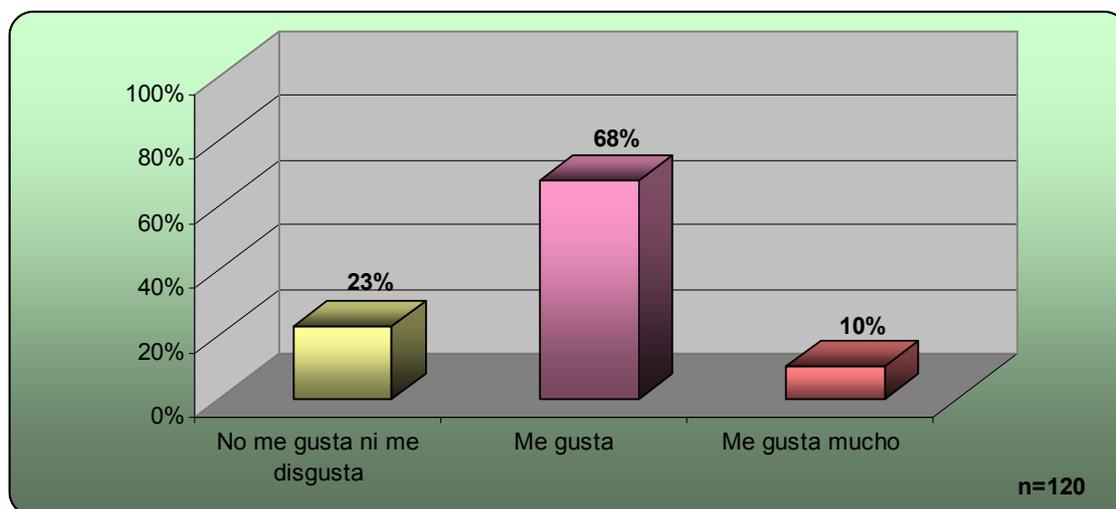


Fuente: Elaboración propia

Al momento de calificar de manera general al yogurt estándar, una notoria mayoría de los encuestados lo califica con “Me gusta”, representando el 61% de la muestra, seguido por “No me gusta, ni me disgusta” con un 25% y solo un 6% de los alumnos lo califica con “Me gusta mucho”. Cabe destacar que el 8% de los entrevistados lo califica de manera negativa con “Me disgusta”.

También se calificó de manera general al yogurt funcional. Se puede observar los resultados en el siguiente gráfico.

Gráfico 19: Grado de aceptabilidad del yogurt funcional alto CLA



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del gráfico 19, indican que más de la mitad de los alumnos, 68%, califican al yogurt funcional con “Me gusta”. Le siguen con un 23% aquellos entrevistados que manifestaron “No me gusta, ni me disgusta”, y con un 10% “Me gusta mucho”. Es importante mencionar que ningún alumno califica negativamente al yogurt funcional, es decir, nadie utiliza las opciones “Me disgusta” y “Me disgusta mucho” para calificarlo.

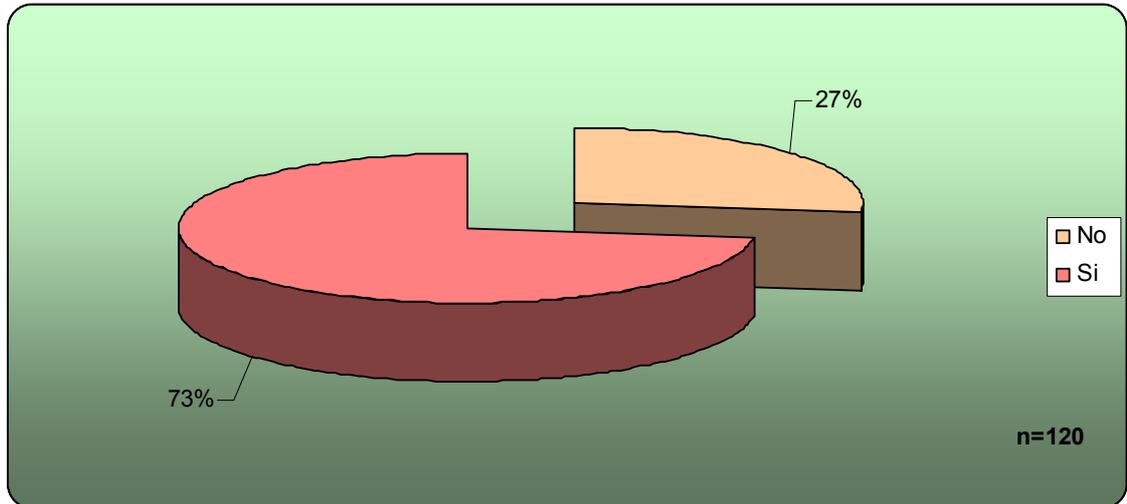
Para completar el análisis, se plantea un test de hipótesis de comparación de medias para los valores obtenidos al momento de indagar sobre la opinión en general del producto. Se utiliza un test t-Student donde la hipótesis alternativa es bilateral, es decir, se rechaza la hipótesis nula que plantea que las calificaciones promedio son iguales, cuando esta este significativamente alejada del cero.

Como resultado del test se obtiene un p-valor de 0,003 que es menor al nivel de significación 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula. Es decir, existe evidencia para creer que la opinión respecto de los dos yogures es diferente (Ver anexo).

Finalmente, del mismo procedimiento se obtiene un intervalo de confianza para la diferencia de las medias, resultando el mismo (-0,385 ; -0,082) por lo que es razonable creer que la segunda muestra (rotulada con 120) es en valores medios superior a la primera (rotulada 641).

Finalmente, para completar la evaluación de la aceptabilidad del producto se indaga acerca de si reemplazarían el yogurt control por el funcional. Los resultados se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico 20: Predisposición para el reemplazo de un yogurt estándar por uno funcional

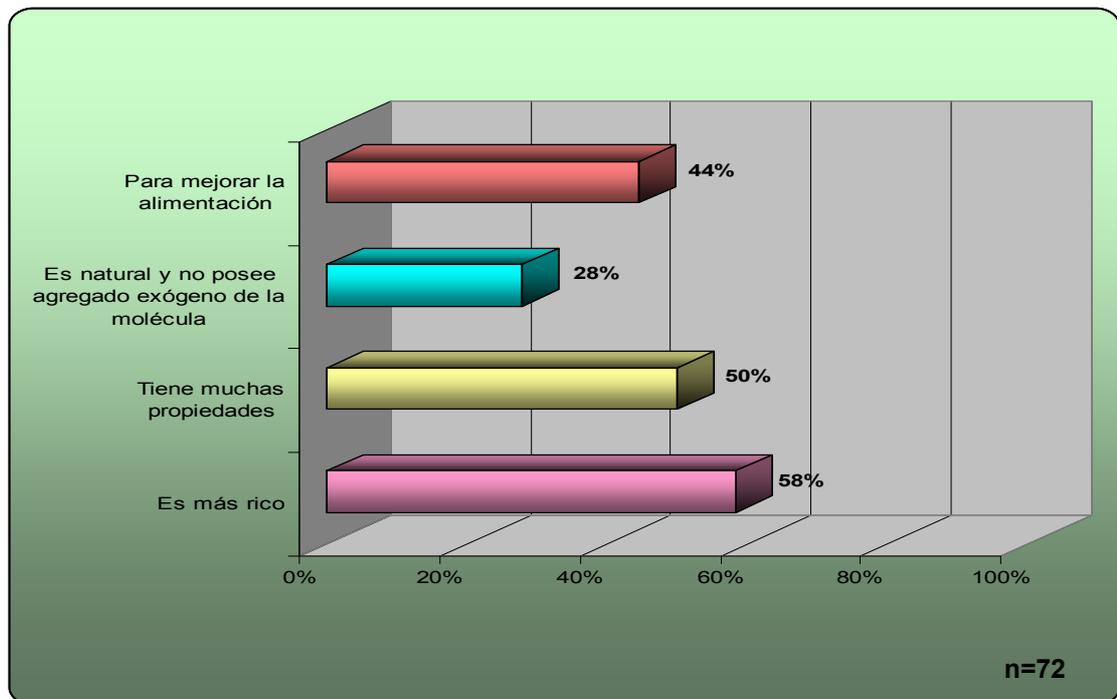


Fuente: Elaboración propia

Los resultados del gráfico N° 20, indican que más de la mitad de los alumnos, 73%, manifestaron que reemplazarían el yogurt tradicional por el funcional alto CLA.

Luego, al indagar sobre él o los motivos por los cuales reemplazaría o no el yogurt estándar, se obtienen los siguientes resultados para las respuestas afirmativas.

Gráfico 21: Razones por las cuales se reemplazaría el yogurt estándar por el funcional

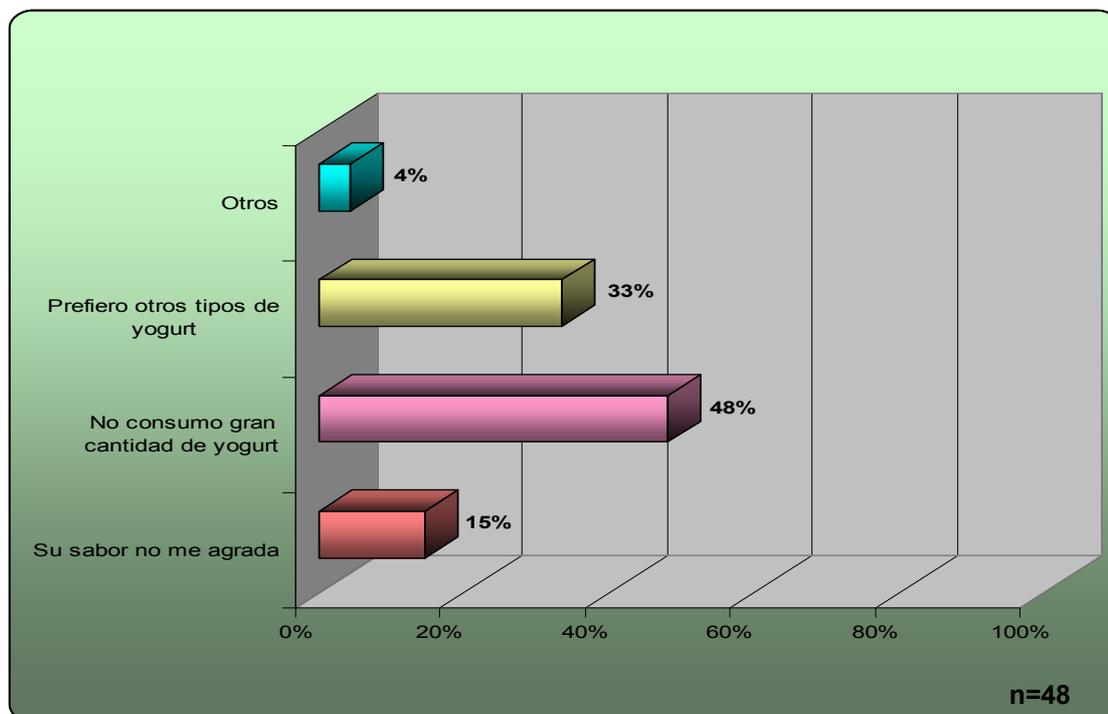


Fuente: Elaboración propia

Entre aquellos alumnos que manifiestan que si reemplazarían el yogurt estándar por el funcional, se observa que los principales motivos son “Es más rico” y “Tiene muchas propiedades”, en ambos casos con porcentajes mayoritarios.

En el siguiente gráfico, se observan los resultados para las respuestas negativas sobre si se reemplazaría el yogurt estándar por el funcional.

Gráfico 22: Razones por las cuales no se reemplazaría el yogurt estándar por el funcional



Fuente: Elaboración propia

Entre los alumnos que no reemplazarían el yogurt tradicional por el funcional se observa que la causa más mencionada es “No consumo gran cantidad de yogurt”, con un 48%, seguido de “Prefiero otros tipos de yogurt”, con el 33%.

La nutrición es uno de los principales determinantes modificables dentro de las enfermedades crónicas. Hay suficiente evidencia científica para sostener que las alteraciones en la dieta tienen fuertes efectos positivos y negativos en la salud, a lo largo de la vida. La industria agroalimentaria está comprometida en el desafío de mejorar la dieta de la población. Cada vez son más los ejemplos de innovaciones y desarrollos de alimentos y procesos productivos con foco en algún componente funcional, saludable o con sentido nutricional.

Este comportamiento responde a anticiparse a la demanda de un consumidor más sensible por cuestiones ambientales, nutricionales o saludables. Y como el consumidor es cada vez más exigente y demanda salud y bienestar, los nuevos alimentos tienen que agregar valor a través de distintos atributos.¹⁶⁷

Consistente con la concepción moderna de salud como el estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente como la ausencia de afecciones o enfermedades, es que la visión de la nutrición adecuada como aquella que prevenía la aparición de deficiencias ha evolucionado hacia un concepto más amplio que incluye la óptima función de órganos y sistemas, la promoción de la calidad de vida y la disminución del riesgo de padecer enfermedades, esta moderna concepción ha motivado en los últimos años, la investigación específica de propiedades en los alimentos, que más allá de su composición nutricional, tienen una significativa importancia para promover el bienestar de las personas.¹⁶⁸

El término genérico de alimento funcional se utiliza para identificar alimentos y/o componentes de los mismos que poseen propiedades adicionales sobre la salud de los consumidores que superan al beneficio clásico de un aporte de nutrientes.¹⁶⁹

Los alimentos funcionales ejercen su actividad en múltiples sistemas, especialmente el gastrointestinal, cardiovascular e inmunológico. Se comportan como potenciadores del desarrollo y la diferenciación, moduladores del metabolismo de nutrientes, la expresión genética, el estrés oxidativo y la esfera psíquica.¹⁷⁰

Existe un reconocimiento general que ciertos alimentos ejercen una acción preventiva frente a la aparición de ciertas enfermedades en el ser humano y la investigación se orienta actualmente a la obtención natural de dichos alimentos.

¹⁶⁷ Calañas Contente, A.J. y Bellido D, 2006, Bases científicas de una alimentación saludable, *Revista Médica Universidad de Navarra* 50: 7-14.

¹⁶⁸ Carmuega, Esteban, Alimentos Funcionales: Un largo camino desde el siglo V (AC) al XXI, *SAN Actualizaciones*, julio 2009, Vol.10, n.2, en: <http://revistasan.org.ar>.

¹⁶⁹ Milner, J.A, Functional foods and health promotion, *British Journal of Nutrition*, 2002, 88: pp S152-S158.

¹⁷⁰ Silveira Rodríguez.M, Monereo.S, Molina.B, Alimentos Funcionales y nutrición óptima ¿Cerca o lejos?, *Revista Española Salud Pública*, Madrid, mayo, 2008, Vol.77, n.3.

La grasa de la leche bovina contiene ácidos grasos reconocidos como “agentes estimuladores” de la salud y la modificación natural del perfil de dichos ácidos grasos puede aún incrementar esas propiedades benéficas. Dicha modificación resulta de interés debido a las propiedades que se le atribuyen a los ácidos linoleicos conjugados (CLA) los que resultan predominantemente consumidos en los productos lácteos.¹⁷¹

En el presente trabajo, se suministró un suplemento a base de aceite vegetal y de pescado en la dieta de las vacas lecheras a fines de reducir la fracción hipercolesterolémica de la leche, ácido laúrico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) y aumentar la presencia de los ácidos grasos funcionales como el CLA y AV, ácido vaccénico.

De todo lo anterior es que puntualmente se pretende hallar el grado de aceptación y diferencia entre un yogurt funcional alto CLA y un yogurt control. Se les pregunta a los participantes de la degustación si consumen habitualmente yogurt y con que frecuencia semanal lo hacen, en el cual la mayoría consume entre 3 y 4 días, siendo solo un 28% quienes no consumían.

A partir de evaluar el nivel de conocimiento sobre alimentos funcionales se observa que del 52% que afirma conocerlos el 86% responde en forma correcta acerca de su definición.

Siendo el CLA un ácido graso trans, se indaga también a los participantes acerca de las fuentes de ácidos grasos trans existentes, de los cuales el 87% respondió conocerlos, pero al momento de seleccionar los mismos, solo el 5% respondió de manera correcta. Y por último con respecto al nivel de información sobre el ácido linoleico conjugado, solo el 41% de los encuestados lo conoce, pero sin poder reconocer efectivamente todas las propiedades. Al determinar el nivel de información general de la población se observa que tan solo el 8% pudo ser calificado como Excelente, el mayor porcentaje (47%) lo obtuvo la categoría Malo, quedando las categorías Bueno y Regular con porcentajes similares por debajo del 30%.

Con respecto a la prueba de aceptabilidad se observa que ambas muestras presentan un grado de aceptabilidad muy similar en cada uno de los caracteres organolépticos, quedando los caracteres de cada muestras entre las categorías “No me gusta, ni me disgusta”, y “Me gusta”, pero al indagar acerca de la opinión general de cada yogurt, el 68% de los participantes prefiere el yogurt funcional alto CLA.

En relación a la prueba de diferencia entre ambos productos, el 48% de los encuestados refieren que existe una diferencia pequeña, y que es la textura con el

¹⁷¹ Gagliostro, Gerardo.A., Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado(CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales, Efectos sobre la salud humana, 2004, Vol. 24, N°.3-4,p.113-136.

75% el carácter organoléptico que determina la misma, esto indica que el sabor de un yogurt elaborado con leche control o estándar difiere del de un yogurt elaborado con leche funcional.

Para finalizar se observa que el 73% de los participantes que consumen habitualmente yogurt reemplazaría el yogurt estándar por el funcional alto CLA. Los motivos por los cuales reemplazarían o no el yogurt tradicional son que consideran que es más rico (58%), y porque tiene muchas propiedades (50%). Además, un 27% de los alumnos que no reemplazarían el yogurt estándar por el funcional, manifestaron no consumir gran cantidad de yogurt (48%) y porque prefieren otros tipos de yogurt (33%).

Se llega a la conclusión de que el yogurt funcional alto CLA, se presenta como un alimento factible de ser incorporado en la alimentación habitual de la población como reemplazo de un yogurt estándar.

Con respecto a las muestras analizadas, tanto la concentración de lactosa como de proteínas de la leche funcional, no presentó modificaciones significativas.

La comparación de valores promedios obtenidos en la concentración de ácidos grasos presentes en la leche control y en la leche funcional, confirma que luego de 4 semanas de suplementación se reducen drásticamente la concentración de ácidos grasos saturados así como el índice de aterogenicidad de la leche, de esta manera el ácido láurico disminuye en un 33,3%, el mirístico en un 26,9% y el palmítico en un 22,7%, considerados estos como aterógenicos. Por otra parte, las concentraciones de ácidos grasos saludables como el C18:1 11trans y CLA 9cis-11trans resultaron fuertemente incrementadas, siendo las mismas de 175% y 174% respectivamente.

Al analizar el perfil de ácidos grasos de ambos yogurt, se observa al igual que en la leche, una disminución de ácidos grasos saturados en el yogurt funcional, siendo de un 28% para el láurico, un 16,7% el mirístico y 16,6% para el palmítico, con un incremento en las moléculas saludables de 191% para el C18:1 11trans y un 195% para el CLA 9cis-11trans.

Por último al realizar el análisis comparativo entre la leche funcional alto CLA y el yogurt funcional, se concluye que las propiedades de la leche en cuanto a la disminución de ácidos grasos saturados e índice de aterogenicidad, e incremento en CLA y ácido vaccénico se mantienen en el yogurt, haciéndolo un producto funcional, por lo que es posible afirmar que el perfil de ácidos grasos de una leche funcional se sostiene en un yogurt elaborado a partir de ella.

Los efectos inducidos por la alimentación de las vacas resultaron de rápida instalación permitiendo obtener una leche de menor contenido graso y de mayor valor saludable. Las propiedades mencionadas fueron recuperadas en el yogurt elaborado a

partir de la leche funcional sin afectar o inclusive mejorar la calidad organoléptica de los mismos.

La ingestión diaria de CLA con los alimentos convencionales puede resultar insuficiente para que los mismos puedan expresar sus potenciales efectos bioquímicos, moleculares y fisiológicos, una adecuada alimentación del rumiante permite lograr sustanciales incrementos de CLA en la leche y desarrollar productos funcionales como queda demostrado en el presente trabajo.

Si los potenciales efectos benéficos del CLA son tenidos en cuenta en conjunto, cáncer, aterosclerosis, diabetes, obesidad, el interés de desarrollar lácteos funcionales resulta evidente. Por lo tanto la propuesta de desarrollar un yogurt funcional es de gran interés, como herramienta de prevención para la población sana e incluso pudiendo el mismo ser consumido con una acción terapéutica para aquellos que padecen alguna afección como la dislipemia, o la diabetes tipo 2, además al ser este un producto de consumo masivo, se respetan los hábitos de la población

Uno de los principales objetivos que persiguen los Licenciados en Nutrición es el de asesorar en la correcta selección consiguiendo así la incorporación de alimentos saludables y completos en su composición, permitiendo de este modo, y a través de educación alimentaria nutricional implementar hábitos saludables que conduzcan a un buen estado de salud y mejor calidad de vida. Como parte de dicho objetivo, es importante poner énfasis en las cualidades químicas y nutricionales de los alimentos, como elementos protectores de la salud, lo que se convierte en una gran oportunidad para fomentar en los individuos hábitos alimentarios que contribuyan a prevenir ciertas enfermedades o bien mejorar sintomatologías cuando la afección ya está instaurada.¹⁷²

¹⁷² Sedo Masis, Patricia, Alimentos funcionales: análisis general acerca de las características químico - nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. *Rev. costarric. salud pública*, 2001, vol.10, no.18-19, p.34-39.

- Agueda, Mayi, Zulet, María Ángeles, Martínez, José Alfredo, Efecto del ácido linoleico conjugado (CLA) sobre el perfil lipídico en humanos, Departamento de Ciencias de la Alimentación, Fisiología y Toxicología, Universidad de Navarra, Pamplona, España, *ALAN*, sep. 2009, vol.59, no.3, p.245-252. ISSN 0004-0622.
- Aranceta Bartrina, Javier, Gil Hernández, Ángel, *Alimentos funcionales y salud en la etapa infantil y juvenil*; Argentina, Medica Panamericana, 2009, p.22-25.
- Aro, A, Mannisto, S, Salminen, I, Ovaskainen, M.J, Kataja, V, Uusitupa, M, Inverse association between dietary and risk of breast cancer in postmenopausal women, 2000, *Nutr. Cancer* 38, ISSN 151-157.
- Ashwell, Margaret, *Conceptos sobre los Alimentos Funcionales*, Europa:ILSI Internacional Life Sciences Institute, Spanish Translation, 2004.p.1-48. ISBN 1-57881-157-0.
- Baddini Feitoza, A, Fernández Pereira, A, Ferreira Da Costa, N, Goncalves Ribeiro, B, Conjugated linoleic acid (CLA): effect modulation of body composition and lipid profile. *Nutr. Hosp.* 2009, vol.24, n.4, pp. 422-428.
- Bauman, D, Corlbaumgard, B.L, Griinari, J, Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow, 2001, Recent Advances in Animal Nutrition, P.C, Garnsworthy and J. Wiseman, eds, *Nottingham University Press*, Nottingham, UK. Pp: 221-250.
- Belury, M.A, 2003, Conjugated linoleic acid in type diabetes melitus: implications and potencial mechanisms. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food, vol 2*, J.L, Sébédio, W.W, Christie, R, Adloff (Eds). AOCS Press, Champaing, Illinois, pp 302-315.
- Carmuega, Esteban, Alimentos Funcionales: Un largo camino desde el siglo V (AC) al XXI, SAN Actualizaciones, julio 2009, Vol.10, n.2.
- Castelli, María Victoria, "Lácteos Funcionales", *Énfasis Alimentación*, mayo 2010, N°4, p.98-99.
- Caviedes, Javier, M. L., Pabón Restrepo, Martha, Carulla Fornaguera, Juan, E, Relación entre las características de la pastura y el contenido de ácido linoleico conjugado en la leche, *Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol.24, p.1-11. ISSN 0024-0755.
- Chilliard, Y, Ferlay, A, Loor, J, Rouel, J, Martin, B, Trans and conjugated fatty acids in milk from cows and goats consuming pasture or receiving vegetable oils or seeds. *Ital. J. Anim. Sci*, 1, 243-254.
- Chouinard, P, Corneau, L, Butler, W, Chilliard, Y, Drackley, J, Barman, D, 2001, Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat, *J. Dairy Sci.* Vol.84. Pp:680-690..
- Cruz Pardos, S, De Juan Garcia Torre, P, Sanchez Muniz, F.J, CLA ¿antioxidante o prooxidante?, 2000, Departamento de Nutrición y Bromatología, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, Madrid, *Grasas y Aceite*, Vol.51, Fasc.4, 268-274.

- Dhiman, T, Setter, L, Pariza, M, Galli, M, Albright, K, Tolosa, M, Conjugated linoleic acid (CLA) contenido of milck from cows offered diets richin linoleic and linolenic acid, *J. Dairy Sci*, vol.83. Pp: 1016-1027.
- Durand, Gabriel, Alimentos funcionales: El ambiente global, Reunión Anual sobre Ciencia y Tecnología, junio 2009, ILSI, Argentina, año 2, Vol.8.
- Esquivel Flores, María Guadalupe, *Lácteos como alimentos funcionales y su papel en la prevención de algunos padecimientos*, Campaña Panamericana de Consumo de Lácteos, 2008, Universidad Iberoamericana, México, Vol.2.
- Esterbauer, H, Gebicki, J, Puhl, H, Jurgens, G, The role of lipids peroxidation and antioxidants in oxidative modification of LDL, 1992, *Free Rad. Biol. Med* 13, 341-390.
- Farjas Abadia, Pilar, Sobre los alimentos funcionales, *Rev. Esp. Salud Publica* 2003, Vol.77, n.3, pp. 313-316.
- Fernández, Fernanda, Rodríguez, Ana, Queso artesanal prebiótico un ejemplo de queso funcional, Universidad de Oviedo, Departamento de Biología Funcional, Villaviciosa, Asturias, 2010, Vol.5, pp.5-14.
- Gagliostro, Gerardo.A., Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado(CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales, Efectos sobre la salud humana, 2004, *Sitio Argentino de Producción Animal*, Vol. 24, N°.3-4, p.113-136.
- Giesy, J.G, Viswanadha, S, Hanson, T.W, Fale, L, Macguire, M.A, Skarie, C.H, Vinci, A, Effect of calcium salts and conjugated linoleic acid (CLA) on estimated energy balance in Holstein cows early in lactation, 1999, *J. Dairy Science*.82 (supple1): 74 (abstract).
- Gómez, Candela. C, El papel del CLA o ácido linoleico conjugado sobre la masa grasa corporal, *Nutrición y Dietética*, 2004;1:75-83.
- Haro, Ana María, Reyes, Artacho, Cabrera Vique, Carmen, 2006, Acido linoleico conjugado: interés actual en nutrición humana, *Med Clin Barcelona*.
- Hernandez, Silvia, Eryck, R, Suarez Jacome, Ma Miriam, Herrera Lee, Rosa Guadalupe et al, Alto contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y productos derivados al incorporar semillas de girasol a la dieta vacuna: Implicancias sobre el riesgo trombo/aterogénico, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México., ALAN v.57 n.2 Caracas jun. 2007. ISSN 0004-0622.
- Heinecke, J.W, Mechanisms of oxidative damage of low density lipoprotein in human atherosclerosis, 1997, *Current Opinión Lipidology* 8, 268-274.
- Ip, C, Briggs, S.P, Haegele, A.D, Thompson, H.J, Storkson, J, The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is dependent of the level or type of fat in the diet, 1996, *Carcinogenesis* 17, 1045-1050

- Kelsey, J.A, Corl, B.A, Collier, R.J, Barman, D.E, The Effect of Breed, Parity and Stage of Lactation on Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Milk Fat from Dairy Cows, 2003, *J.Dairy Sci*, 86:2588-2597.
- Khanal, R.C, Olson, K.C, Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat and Egg: A Review, 2004, Departament of Animal, Dairy and Veterinary Sciences, Asian Network for Scientific Information. UTA State University, Logan, UT 84322, USA, *Pakistan Journal of Nutrition*. 3(2):82-89.
- Knowler, W.C, Barrett-Connor, E, Fowler, S.E, Hamman, R.F, Lachin, J. M, Walker, E.A, Nathan, D.M, Diabetes Prevention Program Research Group, *N Engl J Med* 2002; 346:393-403.
- Kudzdal Savoie, S, Kudzdal, W, Influence de la mise à l'herbe des vaches laitières sur les indices de la materia grasse du beurre et sur les teneurs en différents cides gras polyinsaturés, 1961, *Ann. Biol.Anim.Bioph.*,1,47-69.
- Lawless, F, Stanton, C, L'escorp, P, Devery, R, Dillon, P, Murphy, J.J, Influence of breed on bovine milk *cis-9, trans-11* conjugated linoleic acid content, 1999, *Livest.Prod. Sci*, 62:43-49.
- Lee, K.N, Kritchevsky, D, Pariza, M.W, Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits, 1994, *Atherosclerosis* 108,19-25.
- Loor, J.J, Herbein, J.H, Polan, C.E, Trans 18:1 and 18:2 isomers in blood plasma and milk fat of grazing cows fed a grain supplement containing solvent-extracted or mechanically extracted soybean meal, 2002, *J. Dairy Sci*, 85, 1197-1207.
- Lopes do Nascimento, P.M, Baldini Farjalla, Y, Sosa Valenzuela, A.R, Contenido de ácidos grasos y conjugados del ácido linoleico en carne de bovinos, *Rev. electrón. Vet.*, vol. 10, Nº 10, Octubre, 2009.
- Milner, J.A, Functional foods and health promotion, *British Journal of Nutrition*, 2002, 88:pp S152-S158.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, *Código Alimentario Argentino*.
- Munday J.S, Thompson K.G and James K.A. Dietary conjugated linoleic acids promote fatty streak formation in the C57BL/6 mouse atherosclerosis model. *Br J Nutr* 1999; 81, ISSN 251-255.
- Nicolisi, R.J, Rogers, E.J, Kritchevsky, D, Scimeca, J.A, Huth, P.J, Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters, *Artery* 22, 266-277.
- O'Shea, M, Devery, R, Lawless, F, Murphy, J, Stanton, C, Milk fat conjugated linoleic acid (CLA) inhibits growth of human mammary MCF-7 cancer cells, 2000, *Anticancer Res*.20, ISSN 3591-3601.

- O' Shea, M, Bassaganya Riera, J, Mohece, I.C, Immunomodulatory properties of conjugated linoleic acid, 2004, *Am J Clin Nutr* 79, 1199S-1206S.
- Palanca, V, Rodríguez, E, Sensorans, J, Reglero, G, Bases científicas para el desarrollo de productos cárnicos funcionales con actividad biológica combinada, *Nutr. Hosp.* 2006, vol.21, n.2, pp. 199-202.
- Pariza, M.W, Park, Y, Cook, M.E, Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation, Mecanismos de acción del ácido linoleico conjugado: la evidencia y la especulación, *Proc Soc Exp Biol Med* 2000;223:8-13. [Abstract/ Free Full Text] *Soc Exp Biol Actas MED* 2000;223:8-13.
- Ramaswamy, N, Baer, R.J, Schingoethe, D.J, Hippen, A.R, Kasperson, K.M, Whitlock, L.A, Composition and flavor of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans, or their combination, 2001a, *J. Dairy Sci.* 84, 2144-2151.
- Rubiano, Sarmiento, "Alimentos Funcionales, una nueva alternativa de alimentación", en: *Orinoquia*, Villavicencio Colombia, Universidad de los Llanos, año 10, N°10, p.16-23.
- Ryder, J.W, Portocarrero, C.P, Song, X.M, et al, Isomer-specific antidiabetic properties of conjugated linoleic acid, Improved glucose tolerance, skeletal muscle insulin action and UCP2 gene expression, *Diabetes* 2001;50:1149-57.
- Sanhueza C, Julio, Nieto K, Susana, Valenzuela B., Alfonso, Acido linoleico conjugado: Un acido graso con isomería trans potencialmente beneficioso, *Rev. chil. nutr.* 2002, vol.29, n.2.
- Santos, F.L, Silva, M.T.C, Lana, Rde P, Brandao, S.C.C, Vargas, L.H, Abreu, L.R, Lanal, R, Los Efeitos da suplementacao del cacao de na de lipídios serenan un producto del conjugado de linoleico de ácido (CLA) e un gorduras de da composicao hacen el leite del vacas, 2001, Tecnología de Alimentos, UFV, 36.571-000, Viscosa, M.G, *Rev. Brasileira de Zootecnia*, Brasil, vol.30, N°6, Pp:1931-1938.
- Scimeca, Joseph.A, PhD, Millar, Gregory.D, Potential Health Benefits of Conjugated Linoleic Acid, *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 19, No. 4, 470S-471S (2000).
- Sedo Masis, Patricia, Alimentos funcionales: análisis general acerca de las características químico - nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. *Rev. costarric. salud pública*, 2001, vol.10, no.18-19, p.34-39.
- Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación, VI Congreso Internacional Alimentación, Nutrición y Dietética, Simposio de Alimentos Funcionales, 2008; 28(supl.1), ISSN 0211-6057.
- Taylor, Carla.G, Zahradka, Peter, Dietary conjugated linoleic acid and insulin sensitivity and resistance in rodent models, *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 79, No. 6, 1164S-1168S, June 2004.

- Valenzuela, Alfonso, Ácido linoleico conjugado, sus efectos beneficios como un Alimento Funcional, Campaña Panamericana de consumo de lácteos, 2009, *Rev. chil. nutr.*, Vol.35, n 3, ISSN 0717.
- Vidaurreta, L.I, Gagliostro, G.A, Schroeder, G.F, Eyherabide, G, Partial replacement of corn grain by calcium salts of unsaturated fatty acid in grazing dairy cows: 1-Dry matter intake, mil production and composition. 2002a, *J. Dairy. Sci.*, 85.311.
- Watkins, Bruce.A, Li, Yong, *Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food:CLA in fuctional food enrichment of animal products*, 2003, The American Oil Chemists Society, vol.2, p. 174-180.
- West, D.B, Delany, J.P, Camet, P.M, Blohm, F, Truett, A, Scimeca J, Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am J Physiol*, 1998;275:667-72.
- Zambell, K.L, Keim, N.L, Van Loan, M. D, Gale, B, Benito, P, Kelley D, Nelson, G.J, Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on body composition and energy expenditure. *Lipids*, 35, 777-782.

Sitios de la web consultados:

- <http://www.ajcn.org/content/79/6/1199S.full>.
- http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/marco_regulatorio
- <http://www.ancefn.org.ar/actividades/alimentos/Expositores/Durand.pdf>
- http://www.digital.csic.es/bitstream/10261/6215/1/BVillegas_Tesis.pdf
- http://digital.csic.es/bitstream/10261/5774/1/Leches_probioticas_AGROCSIC.pdf
- <http://www.fepale.org/lechosalud/documentos/Javier%20Berterreche%20Alim%20Funcionales.pdf>.
- <http://www.produccion-animal.com.ar>
- <http://www.inta.cl/>
- <http://www.jacn.org/search.dtl>
- <http://www.nature.com/ejcn/journal/v59/n4/abs/1602102a.html>
- <http://www.monografias.com/trabajos38/yogurt/yogurt.shtml>
- <http://www.revistasan.org.ar>
- http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S021216112009000400005&lng=es&nrm=iso. ISSN 0212-1611.
- http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-5182002000200004&lng=es&nrm=iso. ISSN 0717-7518.
- <http://www.textoscientificos.com/alimentos/yogurt/que-es-yogurt>

Tabla 1: Pruebas t y z para dos muestras

Diferencia supuesta (D): 0

Nivel de significación (%): 5

Estadísticas descriptivas:

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Opinión general 641	1,000	4,000	2,642	0,719
Opinión general 120	2,000	4,000	2,875	0,559

Fuente: Datos sobre la investigación

Tabla 2: Prueba t para dos muestras apareadas/Prueba bilateral:

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:

[-0,385 ; -0,082]

Diferencia	-0,233
t (Valor observado)	-3,052
t (Valor crítico)	1,980
GDL	119
p-valor (bilateral)	0,003
alfa	0,05

Fuente: Datos sobre la investigación

Interpretación de la prueba:

H0: La diferencia entre las medias es igual a 0.

Ha: La diferencia entre las medias es diferente de 0.

Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es menor que 0,28%.