



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO



FACULTAD DE QUIMICO FARMACOBIOLOGÍA.

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN EL PROCESO DE
MADURACIÓN DEL QUESO COTIJA.

TESINA.

PARA OBTENER EL GRADO:

QUÍMICOFARMACOBIOLOGO.

PRESENTA:

ELIZABETH MARTÍNEZ ALMAZÁN

ASESOR:

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGIA CELULAR: RAFAEL
ORTIZ ALVARADO

SINODALES:

M.C. JULIO VARGAS MEDINA.

D.C. RUBEN CHAVEZ RIVERA.

M.C. MATEO ALFREDO CASTILLO CEJA.

LIC. LILLIAN BRIBIESCA RODRÍGUEZ.

LIC. LUCIA M. NAVA BARRIOS.

MORELIA MICHOACAN JULIO 2015

DEDICATORIA

Hoy me siento realizada al haber obtenido dos logros importantes en mi paso por la vida, mi formación académica y el corresponder a toda la confianza que depositaron en mí.

Señor tú que me has acompañado a lo largo de mi vida y sin pedir nada a cambio hoy me regalas la alegría de ver realizado uno de mis sueños

A mi padres el señor José Martínez Villegas y Melquiades Almazán García, gracias sabiendo que no existiría una forma de agradecer toda un vida de sacrificios, por el apoyo, enseñanzas, consejos y esfuerzos quiero que sepan que el objetivo logrado también es suyo y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue el apoyo incondicional, de no haber sido por su apoyo recibido de ustedes su estímulo y su inquebrantable confianza en mí jamás habría llegado a la cima.

A mi hermano José que en los momentos difíciles y frente a las adversidades siempre he contado con su apoyo, y el cual representa un ejemplo de que en la vida no hay obstáculo por difícil que parezca que no sea superado.

A mi hermana Rosy por su gran cariño y apoyo que siempre me ha brindado y admiro tu capacidad que tienes para lograr tus proyectos.

A mi hermana Delia Teresa una gran persona que siempre lucha por lo que quiere y que desde siempre ha sido muy independiente y que a pesar de ello siempre he contado con ella

A mi hermana Gabriela que más te puedo decir si siempre hemos estados juntas desde pequeñas recorrimos muchos caminos y pruebas que nunca olvidaremos, y sabes que siempre contaras conmigo para todo.

A mis queridos y hermosos sobrinos Grecia Valeria y Efraín son una motivación en mi vida y que aun que están pequeños son parte importante de este logro y que nada más hermoso y sincero amor por su querida tía Liz simplemente los amo.

Y gracias a dios y a mis padres por ser una familia unida que a pesar de momentos difíciles siempre unidos los AMO a todos

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas para poder escalar un peldaño más en el campo de mi conocimiento

Al laboratorio de análisis y aseguramiento de la calidad de agua de la facultad químico UMSNH cuerpo académico de fisiopatologías.

A mi asesor D.C Rafael Ortiz Alvarado por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesina por su apoyo que me permitió aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

A mis profesores de la facultad de Químicofarmacobiología que me enseñaron tanto de la profesión como en la vida, impulsándome siempre a seguir adelante.

A mis familiares y amigos que siempre estuvieron a mi lado para ayudarme, escucharme, aconsejarme y muchas ocasiones guiarme.

Muchas gracias

Este presente trabajo se realizó en el laboratorio de análisis y aseguramiento de la calidad del agua, Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Cuerpo Académico de Fisiopatologías-211.

RESUMEN

El queso Cotija Región de Origen^{MC} es un producto artesanal mexicano que presenta características distintivas que lo hacen único en el mundo, el cual debe ser revalorizado y protegido mediante estudios científicos que demuestren su composición físico- químico y bromatológica.

El objetivo de este trabajo es el de identificar de forma cualitativa el perfil de ácidos grasos (AG) del queso Cotija Región de Origen^{MC} durante su proceso de maduración. Las muestras analizadas fueron obtenidas en el municipio de Cotija, con diferente tiempo de maduración (1, 15 y 90 días), fueron sometidas al análisis de determinación de humedad (método por secado de estufa), método espectrofotométrico para determinación de proteínas (absorción a 280 nm y patrón de referencia de albumina sérica bovina de sigma-Aldrich®) y análisis de su contenido de AG por cromatografía de gases, previa extracción con éter etílico (método Soxhlet). Los resultados obtenidos pudieron comprobar la presencia de AG saturados como el ácido palmítico (16:0), ácido esteárico (18:0), así como insaturados como el ácido oleico (18:1) y ácido linoléico (18:2), en concentraciones muy diversas durante su proceso de maduración.

Actualmente los AG han sido revalorizados por investigaciones que demuestran su relación de forma positiva en enfermedades como el cáncer de colon rectal (Hinnbush y col., 2002), obesidad (Delzenne y col., 2005) y cardiovasculares (Nestel y col., 2005).

Y basándonos en los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que el queso Cotija debe ser considerado como un alimento funcional.

Palabras clave: (cromatografía de gases, queso, Cotija, ácidos grasos).

ABSTRACT

Cotija cheese Origen Region^{MC} is a Mexican artisan product having distinctive characteristics that make it unique in the world, which must be appreciated and protected by scientific studies proving its physicochemical and chemical composition.

The objective of this work is to determine qualitatively the profile of fatty acids (FA) of Cotija cheese Origen Region^{MC} during their maturation process. The samples analyzed were obtained in the town of Cotija, with different aging time (1, 15 and 90 days) and were subjected to analysis for moisture (method by drying oven), spectrophotometric method for determination of protein (absorption 280 nm and reference standard bovine serum albumin sigma -Aldrich ®) and content analysis of AG by gas chromatography after extraction with ethyl ether (Soxhlet method). The results obtained were checked for the presence of saturated fatty acids such as palmitic acid (16:0), stearic acid (18:0) and unsaturated such as oleic acid (18:1) and linoleic acid (18:2), in very various concentrations for their maturation .

Currently the AG have been revalued by research demonstrating a positive relationship in diseases such as colon rectal cancer (Hinnbush y col., 2002), obesity (Delzenne y col., 2005) and cardiovascular (Nestel y col., 2005).

For this reason and the results obtained in this study it can be concluded that the Cotija cheese should be considered as a functional food.

Keywords: (gas chromatography, cheese, Cotija, fatty acids).

INDICE GENERAL.

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INDICE GENARAL.....	viii
ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
1 ANTECEDENTES.....	1
2 INTRODUCCION.....	5
3 MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Ácidos grasos.	7
3.1.1 Clasificación de ácidos grasos.....	7
3.1.2 Ácidos grasos saturados (SFA).	7
3.1.3 Ácidos grasos insaturados.....	9
3.2 Funciones fisiológicas de los ácidos grasos.	14
3.2.1 Prevención de la obesidad.	14
3.2.2 Efectos benéficos en la a artritis reumatoide.	14
3.2.3 Función cerebral.	15
3.2.4 Efecto anti-inflamatorio.	15
3.2.5 Efectos cardiovasculares.	15
3.2.6 Potencial anti cancerígeno.	16
3.3 Alimentos que contienen ácidos grasos.....	17
3.3.1 Alimentos que contienen ácidos grasos saturados (SFA).	17
3.3.2 Alimentos que contienen ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)...	17
3.3.3 Alimentos que contienen ácidos grasos poliinsaturados (PUFA).	17
3.4 Alimentos funcionales.	17
3.5 El queso.	20
3.6 El origen del queso.	21
3.7 Queso Cotija Región de Origen ^{MC} (QCRO).....	22
3.8 Proceso de elaboración del queso Cotija Región de Origen ^{MC}	24
4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	28
5 JUSTIFICACIÓN.	30
6 OBJETIVO GENERAL.	32
7 OBJETIVOS PARTICULARES.	33

7.2	Determinar la concentración de proteínas en muestras procedentes del Queso Cotija Región de Origen ^{MC} , a lo largo del proceso de maduración.	33
7.3	Determinar ácidos grasos en muestras procedentes del Queso Cotija Región de Origen ^{MC} , a lo largo del proceso de maduración.....	33
8	METODOLOGÍA.	34
8.1	Obtención de la materia prima.	34
8.2	Determinación de humedad.	35
8.3	Método espectrofotométrico para determinación de proteínas (absorción a 280nm patrón de referencia de albumina sérica bovina se sigma-aldrich®). 36	
8.4	Extracción etérea (Método Soxhlet).	37
8.5	Método de cuantificación del perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases.39	
9	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	42
9.1	Resultados.	42
9.1.1	Análisis del porcentaje de humedad en queso Cotija.	42
9.1.2	Cuantificación de proteínas.	43
9.1.3	Caracterización de los ácidos grasos.....	45
9.2	Discusión.	47
10	CONCLUSION.	51
11	PERSPECTIVAS.	52
12	REFERENCIAS.	53

ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS

AA	Ácido araquidónico (arachidonic acid) (nombre trivial), 20:4n-6 (Notación (IUPAC)*).
AG	Ácido graso.
AGPI	Ácido grasos poliinsaturados.
ALA	Ácido alfa-linolénico (alpha linolenic acid) (nombre trivial),n-3 (notación IUPAC)*.
CLA	Ácido linoléico conjugado (conjugated linoleic acid).
CLN	Ácido linolénico conjugado (conjugated linolenic acid).
DO	Denominación de Origen.
DHA	Ácido docosahexaenoico (docosahexaenoic acid) [ácido cervónico] (nombre trivial),22:6n-3 (notación IUPAC)*.
EPA	Ácido eicosapentaenoico (eicosapentaenoic acid) ácido timnodónico (nombre trivial), 20:5n-3 (notación IUPAC)*.
FAO	Organización para la agricultura y la alimentación (Food and Agriculture Organization).
FFAR2	Receptor de ácidos grasos libres de tipo 2 (Free Fatty Acid Receptor).
FID	Detector de ionización a la flama (Flame Ionization Detector).
Ob	Hormona producida en su mayoría por los adipocitos (células grasas).
<i>gourmet</i>	Aquellos productos que dependen de características geográficas (recursos naturales, clima, etc.) o que la cultura de la población de la región los convierta en un bien diferenciado (alimentos que puedan

lograr algún tipo de denominación de origen, y posean un alto valor Agregado.

GPR	Receptor Glicoproteico (Glicoprotein Receptor).
HDAC	Enzima histona deacetilasa.
LA	Ácido linoléico (linoleic acid) (nombre trivial), 18:2n-6 (notación IUPAC)*.
LDL	Lipoproteínas de baja densidad (low density lipoprotein).
LDL-C	Colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (low density lipoprotein cholesterol).
MC	Marca Colectiva.
MUFA	Ácidos grasos monoinsaturados (monounsaturated fatty acid).
OA	Ácido oleico (oleic acid).
PBS	Buffer fosfato salino (phosphate buffered saline).
PPAR	Receptores que activan la proliferación de peroxisomas (peroxisome Proliferator-activated receptor).
PUFA	Ácidos grasos poliinsaturados (polyunsaturated fatty acid).
PYY	Péptido Tirosina Tirosina.
QCRO	Queso Cotija Región de Origen.
SFA	Ácidos grasos saturados (saturated fatty acid).
SREBPs	Proteína regulador de esteroides elemento de unión (Sterol Regulatory Element-Binding Proteins).
TG	Triacilglicerol (triacylglycerol).

* Nota: C:Dn-#, donde C=número de átomos de C, D=número de dobles enlaces

y#=número de átomos de C que separan el grupo metilo del primer doble enlace;n-6 (notación IUPAC)= w-6 (notación de Holman).

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Ácidos grasos saturados comunes en grasas y aceites de la dieta (modificado de FAO, 2008).	8
2	Algunos ácidos grasos monoinsaturados cis en grasas y aceites (modificado de FAO, 2008).	10
3	PUFA n-6 importantes a nivel nutricional (modificado de FAO, 2008).	12
4	PUFA n-3 importantes a nivel nutricional (modificado de FAO, 2008).	13
5	Definiciones relacionadas con los alimentos funcionales.	19
6	Tiempo de maduración de las muestras en días.	34
7	Condiciones de uso del Cromatógrafo.	40
8	Promedio del % de Humedad \pm desviación estándar.	41
9	Promedio del % de Proteínas \pm desviación estándar.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Sierra de Jalmich (Tomado de Álvarez y col., 2005).	23
2	Diagrama General de elaboración del Queso Cotija Región de Origen (Hernández, 2009).	26
3	Obtención de las muestras y empaquetado.	35
4	Capsulas de porcelana con las muestras dentro de la estufa de secado.	36
5	Recuperación de la materia soluble de la insoluble para su análisis en el espectrofotómetro.	37
6	Extracción de la grasa del queso por el método Soxhlet en serie.	38
7	Cromatógrafo de gases Autosystem XL, Perkin Elmer.	40
8	Porcentaje de humedad del queso Cotija.	42
9	Concentración de proteínas del queso Cotija.	43
10	Cromatograma del extracto lipídico obtenido de la muestra 1.	44
11	Cromatograma obtenido del extracto lípido obtenido de la muestra 2.	44
12	Cromatograma obtenido del extracto lípido obtenido de la muestra 3.	45
13	Porcentajes de los diferentes componentes presentes en las muestras analizadas.	45

1. ANTECEDENTES.

La especie actual de homínidos predominante en la Tierra es el ser humano (*Homo sapiens*), el cual ha sobrevivido a diferentes cambios y aspectos evolutivos que le han permitido desarrollar herramientas que han asegurado su prevalencia actual. Donde el acceso a alimentos es un factor determinante para el éxito de cualquier especie.

El ser humano se ha desarrollado de ser una especie nómada (recolectora y cazadora) a una especie sedentaria, favoreciendo al desarrollo de herramientas de seguridad alimentaria como la agricultura y la ganadería de una manera incipiente, lo cual probablemente permitió el desarrollo de los primeros asentamientos humanos, antecedente de los actuales núcleos urbanos.

Desde este punto de aplicación empírica de los aspectos biotecnológicos, dedicados al aseguramiento de la alimentación humana, se presentó un salto evolutivo, hasta después de la segunda guerra mundial, cuando se crean dos bloques económicos (capitalismo y socialismo), encargados de asegurar la producción, masiva y diversa a través de la agricultura, y la ganadería, recientemente por los aspectos industriales encargados de la manufactura y aseguramiento del almacenamiento y distribución de grandes volúmenes de calorías de origen alimenticio entre la población mundial.

Así la globalización (a través de las industrias transnacionales como Monsanto, Nestlé, Danone, Unilever, por citar algunas) asegura un acceso y un consumo de calorías *per cápita* diario, esto a través de la cadena de producción, almacenamiento y distribución. Sin embargo la calidad y diversidad de las calorías consumidas a nivel mundial por la población, comienza a hacer estragos en la calidad de vida, esto, porque la dieta básica occidental está basada en un alto consumo de carbohidratos simples, lípidos saturados, ricos en ésteres de colesterol y proteínas de origen preferentemente animal.

Se tienen evidencias que desde hace ya 30 mil años, la fibra dietética y los ácidos grasos de diversas fuentes han sido un factor importante en la dieta humana (Revedin y col., 2010). Así la fibra y los ácidos grasos diversos, son parte fundamental dentro de una alimentación equilibrada, primordial para la salud del organismo humano. En esta última década, se han mostrado evidencias sobre la prevalencia de enfermedades y su relación con el estilo de la dieta actual (Zimmerman y col., 2010). Dentro de las enfermedades con un índice de prevalencia a nivel mundial se encuentra la obesidad, cuya presencia requiere de una condición multifactorial donde el medio ambiente, la presencia o ausencia de componentes en la dieta, como en este caso el binomio fibra dietética y ácidos grasos, son los que interactúan con los receptores correspondientes en los sistemas biológicos a nivel periférico del tracto digestivo, como los sitios anatómicos del intestino delgado e intestino grueso (Delzenne y col., 2005; Delmee y col., 2006).

La ingesta alimentaria se encuentra regulada, en parte, por un proceso que implica la interacción de moléculas alimenticias a nivel periférico (tracto digestivo) y que desencadena vías de señalización y de integración de la señal de saciedad a nivel central, de esta manera las interacciones incluyen señales neuronales, hormonales y vías neuropépticas generadas desde el nivel periférico y procesadas a nivel central por estructuras como el núcleo del tracto solitario, el hipocampo y el hipotálamo (García y col., 2010; Orozco y col., 2010). Actualmente se ha descrito que el hipocampo y el hipotálamo son susceptibles de procesar la información periférica y central de neurotransmisores y neuropéptidos implicados en la ingesta alimentaria como es el caso de la Leptina (García y col., 2010; Orozco y col., 2010). La Leptina es una hormona codificada por el gen *ob* que se descubrió al llevar a cabo lesiones en el área ventromedial y observar los apetitos exagerados y obesidad mórbida (Yingzhong y col., 2006). Las acciones de la Leptina se llevan a cabo al unirse con sus receptores localizados en zonas del sistema nervioso central como en el hipotálamo e hipocampo, estructuras involucradas en el control de la ingesta alimentaria.

Así es que el acceso a los ácidos grasos de cadena corta, insaturados y saturados pero de cadenas de 4 a 20 carbonos provenientes de la dieta de alimentos lácteos, fermentados o madurados, son una alternativa al acceso de estas moléculas.

Los quesos maduros, como el queso Cotija Región de Origen^{MC}, poseen dentro de su composición alimenticia, ácidos grasos, convirtiéndolo y

revalorizándolo como un complemento de la dieta actual. En el entendido de que ésta debe ser equilibrada en carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos grasos saturados e insaturados.

Se ha demostrado, a través de modelos murinos, que los ácidos grasos libres se unen de manera específica a una serie de receptores denominados GPR-40 (que comprende a los miembros de esta familia GPR-41 y GPR-43), presentes en el tracto intestinal y regulan la expresión de oncogenes (cáncer), y por lo tanto la expresión específica y selectiva de estos receptores (GPR-40) modula el desarrollo de enfermedades como obesidad y cáncer colónico (H. Tazoe y col., 2008).

Se sabe que una dieta rica en carbohidratos simples como glucosa y fructosa condiciona la expresión de células cancerígenas en el colon humano. Por lo tanto, el consumo de una dieta que favorezca enriquecer la fracción de ácidos grasos de 4 a 20 carbonos, disminuye la probabilidad de desarrollar cáncer de colon (H. Tazoe y col., 2008).

2. INTRODUCCIÓN.

El queso Cotija Región de Origen^{MC}(QCRO) es el resultado (ordeña, recepción, reposo, cuajado, cortado, desuerado, quebrado, salado, moldeado, prensado, oreado y madurado), del proceso de elaboración artesanal que da como resultado un queso de pasta dura madurado y salado, de textura desmoronable que se elabora desde hace más de cuatro siglos, en la región serrana comprendida entre los estados de Jalisco y Michoacán (Hernández y col., 2009), sin embargo la identificación de este alimento no ha sido definida, por tal motivo se ha mostrado un especial interés en la composición de los ácidos grasos (AG), durante el proceso de maduración, ya que el perfil volátil puede ser considerado como una huella dactilar, debido a que el sabor de una variedad de queso es el resultado de un equilibrio específico de los compuestos volátiles producidos durante el proceso de maduración (Innocente y col., 2013).

En la actualidad la dinámica alimenticia mundial persigue la explotación y diversificación de alimentos en las regiones del mundo, apoyados en la Denominación de Origen (DO), aunque el queso Cotija Región de Origen^{MC} solo cuenta con la Marca Colectiva (MC), por lo que es un buen candidato para obtener la DO. Además, algunos de los alimentos denominados *gourmet*, tienen un valor agregado como alimentos funcionales. En específico, el queso Cotija Región de Origen^{MC} aporta a la dieta humana, las fracciones de lípidos compuestos por los ácidos grasos de tipo saturados y ácidos grasos de tipo insaturados (ácido butírico, oleico y linoléico) que no solamente son tomados a partir de la

fermentación de la fibra dietética (Titgemeyer y col., 1991, Miller y col., 1979, Fernández y col., 1992) y aceites vegetales, sino también de los productos lácteos procesados, los cuales son un factor importante a considerar en su utilización actual como fuente diversa de ácidos grasos saturados e insaturados y su potencial efecto benéfico en la salud humana (FAO y FENUT, 2012).

Las muestras se obtuvieron en el municipio de Cotija, con diferente tiempo de maduración (1, 15 y 90 días) y fueron sometidas a los siguientes análisis: determinación de humedad (método por secado de estufa), método espectrofotométrico para determinación de proteínas (absorción a 280 nm patrón de referencia de albumina sérica bovina se sigma-Aldrich®) y análisis de su contenido de AG por cromatografía de gases, previa extracción con éter etílico, (método Soxhlet). Los resultados obtenidos pudieron comprobar la presencia de AG saturados como el ácido palmítico (16:0) y ácido esteárico (18:0), así como insaturados como el ácido oleico (18:1) y ácido linoléico (18:2), en concentraciones muy diversas durante su proceso de maduración.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1 Ácidos grasos.

Los ácidos grasos son ácidos orgánicos de cadena corta, media y larga, compuestos de carbono, oxígeno e hidrogeno, que poseen de 2 a 24 átomos de carbono, un solo grupo carboxilo (-COOH) y una cola no polar hidrocarbonada que puede ser saturada (contiene solo enlaces simples) o bien insaturada (con uno o más enlaces dobles). Estos ácidos grasos,son necesarios en la nutrición humana como fuente de energía y paracumplir con funciones de carácter metabólico y/o estructural(FAO y FENUT, 2012).

3.1.1 Clasificación de ácidos grasos.

Los ácidos grasos más comunes en la dieta,han sido subdivididos en tres grupos segúnel grado de insaturación: los ácidos grasos saturados por sus siglas en inglés (SFA), monoinsaturados(MUFA) y los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). Estos ácidos grasos poseenpor regla general un número par de átomos de carbono, estructuras no ramificadas y formula general R-COOH(FAO y FENUT, 2012).

3.1.2 Ácidos grasos saturados (SFA).

Estos seclasifican en cuatros subgrupos según la longitud de su cadena: corta, media, larga o muy larga. Existen variasdefiniciones en numerosas publicaciones sobre los subgrupos de SFA, sin embargo, la Consulta de Expertos FAO/WHO

reconoció que era necesario establecer sus definiciones a nivel internacional y es por ello que recomendó las siguientes para describir los subgrupos de SFA:

- Ácidos grasos de cadena corta: de 3 a 7 átomos de carbono.
- Ácidos grasos de cadena media: de 8 a 13 átomos de carbono.
- Ácidos grasos de cadena larga: de 14 a 20 átomos de carbono.
- Ácidos grasos de cadena muy larga: con 21 o más átomos de carbono.

La Tabla 1 muestra algunos de los SFA de la dieta más común, los cuales proceden principalmente de grasas animales y lácteas. También se han observado niveles considerables de SFA en algunos aceites de plantas tropicales, especialmente en los aceites de palma y de coco (FAO y FENUT, 2012).

Tabla 1. Ácidos grasos saturados comunes en grasas y aceites de la dieta (modificado de FAO, 2008).

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Fuentes principales
Butírico	Butanoico	C4:0	Grasa láctea.
Caproico	Hexanoico	C6:0	Grasa láctea.
Caprílico	Octanoico	C8:0	Grasa láctea, aceites de coco y de palma.
Cáprico	Decanoico	C10:0	Grasa láctea, aceites de coco y de palma.
Láurico	Dodecanoico	C12:0	Aceite de coco, aceite de palma.
Mirístico	Tetradecanoico	C14:0	Grasa láctea, aceites de coco y de palma.
Palmítico	Hexadecanoico	C16:0	La mayoría de grasas y aceites.
Esteárico	Octadecanoico	C18:0	La mayoría de grasas y aceites
Araquídico	Eicosanoico	C20:0	Aceite de cacahuete
Behénico	Docosanoico	C22:0	Aceite de cacahuete
Lignocérico	Tetracosanoico	C24:0	Aceite de cacahuete

3.1.3 Ácidos grasos insaturados.

Estos ácidos también se clasifican en tres subgrupos según la Consulta de Expertos FAO/WHO recomienda las siguientes definiciones:

- Ácidos grasos insaturados de cadena corta: con 19 o menos átomos de carbono.
- Ácidos grasos insaturados de cadena larga: de 20 a 24 átomos de carbono.
- Ácidos grasos insaturados de cadena muy larga: con 25 o más átomos de carbono.

3.1.3.1 Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA).

En la naturaleza existen más de un centenar de MUFA *cis*, pero la mayoría son componentes poco comunes. El ácido oleico (OA) es el MUFA más común y está presente en cantidades considerables en fuentes tanto de origen animal como vegetal. La Tabla 2 muestran los MUFA de la dieta más comunes (FAO y FENUT, 2012).

Tabla 2. Algunos ácidos grasos monoinsaturados *cis* en grasas y aceites (modificado de FAO, 2008).

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura delta	Fuentes principales
Palmitoleico	<i>cis</i> -9-hexadecenoico	16:1 Δ 9c (9c-16:1)	Aceites de origen marino, aceite de macadamia, la mayoría de aceites animales y vegetales.
Oleico	<i>cis</i> -9-octadecenoico	18:1 Δ 9c (9c-18:1) (OA)	Todos los aceites y grasas, especialmente el aceite de oliva, el aceite de canola, los aceites de girasol y cártamo ricos en ácido oleico.
<i>cis</i> -Vaccénico	<i>cis</i> -11-octadecenoico	18:1 Δ 11c (11c-18:1)	La mayoría de aceites vegetales.
Gadoleico	<i>cis</i> -9-ecosenoico	20:1 Δ 9c (9c-20:1)	Aceites de origen marino.
Erúcico	<i>cis</i> -13-docosenoico	22:1 Δ 13c (13c-22:1)	Aceite de semilla de mostaza, aceite de colza rico en ácido erúcico.
Nervónico	<i>cis</i> -15-docosenoico	24:1 Δ 15c (15c-24:1)	Aceite de origen marino.

3.1.3.2 Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA).

Los PUFA naturales, con dobles enlaces separados por un metileno y de configuración *cis* se dividen en 12 familias que comprenden, entre dobles enlaces situados en la posición n-1 hasta la n-12 (Gunstone, 1999). Las familias más importantes, por lo que se refiere al grado de frecuencia y la salud y nutrición humanas, son la n-6 y la n-3. La Tabla 3 y la Tabla 4 muestran los miembros de estas familias. El ácido linoléico, (LA) es el ácido graso esencial primario o generador de la familia n-6. Posee 18 átomos de carbono y dos dobles enlaces. Además, el primer doble enlace se encuentra a 6 átomos de carbono del extremo

metilo de la cadena de ácidos grasos, y este es el motivo de que se denomine n-6. El LA puede ser desaturado y alargado en humanos para formar series de PUFA n-6 (Tabla 3). El ácido α -linolénico, (ALA) es el ácido graso esencial primario o generador de la familia n-3. Cuenta igualmente con 18 átomos de carbono, pero posee tres dobles enlaces. A diferencia del LA, el primer doble enlace del ALA se encuentra en el tercer átomo de carbono partiendo del extremo metilo de la cadena de ácidos grasos, y de ahí el nombre de n-3. Al igual que el LA, el ALA también puede ser desaturado y alargado para formar series de PUFA n-3 (Tabla 4).

El LA y el ALA se encuentran en todas las grasas de la dieta y la mayoría de los aceites vegetales (White, 2008). Sin embargo el ALA se encuentra en mayores concentraciones en semillas, frutos secos y en algunos aceites vegetales. El ácido araquidónico (AA) es el PUFA n-6 más importante de todos los ácidos grasos n-6 porque es el precursor principal de los eicosanoides derivados de la familia n-6. El AA se encuentra en menor cantidad en carnes, huevos, pescado, algas y otras plantas acuáticas (Wood y col., 2008; Ackman, 2008). El ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) son los ácidos grasos n-3 más importantes de la nutrición humana. El EPA y el DHA son componentes de los lípidos provenientes de algunos animales marinos como: la caballa, el salmón, la sardina, el arenque y el eperlano (Ackman, 2008). Los aceites de pescado que contienen un 60 % de EPA y DHA se venden como fuentes de estos importantes ácidos grasos n-3. No obstante, estos aceites se encuentran disponibles en algas y organismos unicelulares que proporcionan EPA+DHA+AA. Sin embargo, en la última década, se están desarrollando aceites modificados

genéticamente, producidos mediante manipulación genética de la soja y otras plantas, los cuales podrían estar disponibles en un futuro cercano.

Tabla 3. PUFA n-6 importantes a nivel nutricional (modificado de FAO, 2008).

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura omega Componente en cantidad mínima de tejidos animales	Fuentes principales
Ácido Linoléico	Ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12- octadecadienoico	18:2n-6 (LA)	La mayoría de aceites vegetales.
Ácido γ -linolénico	Ácido <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9- octadecatrienoico	18:3n-6 (GLA)	Aceite de semilla de onogra, borraja y grosella negra.
Ácido dihomo- γ - linolénico	Ácido <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14-eicostrienoico	20:3n-6 (DHGLA)	Componente en cantidad mínima de tejidos animales
Ácido araquidónico	Ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> - 11, <i>cis</i> -14- eicosatetraenoico	20:4n-6 (AA)	Grasa animales, hígado, lípidos del huevo, pescado,
Ácido docosatetraenoico	Ácido <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16- docosatetraenoico	22:4n-6	Componente en cantidad mínima de tejidos animales.
Ácido docosapentaenoico	Ácido <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> - 10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16- docosapentaenoico	25:5n-6 (DPA)	Componente en cantidad mínima de tejidos animales.

Tabla 4. PUFA n-3 importantes a nivel nutricional (modificado de FAO, 2008).

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura omega	Fuentes principales
Ácido α -linolénico	Ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12- <i>cis</i> -15- octadecatrienoico	18:3n-3 (ALA)	Aceites de lino, perilla, canola y soja.
Ácido estearidónico	Ácido <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15- octadecatetraenoico	18:4n-3 (SDA)	Aceites de pescado, aceites de soja modificado genéticamente, aceite de semilla de grosella negra y aceite de cáñamo.
Ácido eicosapentaenoico	Ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17- eicosapentaenoico	20:5n-3 (EPA)	Pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa).
Ácido docosapentaenoico	Ácido <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19- docosapentaenoico	22:5n-3 (n-3 DPA)	Pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa).
Ácido docosahexaenoico	Ácido <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19- docosahexaenoico	22:6n-3 (DHA)	Pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa).

Además de los ácidos grasos mencionados, la dieta humana incluye ácidos grasos *trans*, los cuales provienen de depósitos de rumiantes y grasas lácteas (Huth, 2007), así como de alimentos preparados a partir de aceites parcialmente hidrogenados (Craig-Schmidt y Teodorescu, 2008), aunque esta última fuente es la que predomina. En los últimos años, los investigadores han centrado su atención en los ácidos grasos de la dieta secundarios y poco comunes tales como los isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA) (Tricon y col., 2005), los isómeros del ácido linolénico conjugado (CLN) (Tsuzuki y col., 2004) y los ácidos grasos con un

anillo de furano (Spiteller, 2005), por sus efectos potencialmente benéficos para la salud.

3.2 Funciones fisiológicas de los ácidos grasos.

3.2.1 Prevención de la obesidad.

Se han propuesto diferentes mecanismos por los cuales los PUFA puedan retrasar o controlar el desarrollo de la obesidad. Los PUFA son reguladores negativos de la lipogénesis hepática, la cual es mediada por la represión de SREBP-1. Se ha observado, que el consumo de PUFA por ratones obesos disminuye la formación de la proteína SREBP-1 y por lo tanto se reduce la expresión de genes lipogénicos como la sintasa de los ácidos grasos, y la esteroil CoA desaturasa-1 en el hígado de estos ratones. Como consecuencia, tanto la hiperglicemia e hiperinsulinemia mejoran con la administración de PUFA, efecto similar al producido por los activadores de PPAR α . Los PUFA mejoran las alteraciones bioquímicas y metabólicas asociadas con la obesidad, tales como la esteatosis hepática y la resistencia a la insulina en ratones (Sekiya y col., 2003).

3.2.2 Efectos benéficos en la artritis reumatoide.

Algunos estudios sugieren que el consumo de aceite de oliva puede tener efectos beneficiosos en la artritis reumatoide y se ha propuesto que el efecto supresor del aceite de oliva en el desarrollo de estas patologías puede ser ejercida a través de un efecto sobre el sistema inmunológico (Kremer y col., 1990; Berbert y col., 2005).

3.2.3 Función cerebral.

La relación entre PUFA n-3 y n-6 en las membranas neuronales puede ser modulada por la ingesta dietética. Dicha relación influye en la neurotransmisión y en la formación de prostaglandinas, procesos clave en el mantenimiento de una función cerebral normal (Joy y col., 2003).

3.2.4 Efecto anti-inflamatorio.

Existen evidencias que el butirato puede ejercer efectos de tipo inmunoreguladores directos esto debido a la supresión de la genética de la actividad del factor nuclear Kappa B, la cual pudiera resultar de la inhibición de la enzima histona deacetilasa (HDAC), es un efecto antiinflamatorio frecuentemente estudiado (Andoh y col., 1999).

Además, algunos estudios (Calder, 2006; Nettleton, 1991), sugieren que las dietas ricas en ácidos grasos omega-3 (y concentraciones bajas en ácidos grasos pro-inflamatorios omega-6) pueden ser beneficiosas para personas con problemas inflamatorios como la artritis reumatoide y el asma. No obstante, los resultados de los estudios no son totalmente concluyentes, y se necesita más evidencia para llegar a conclusiones definitivas.

3.2.5 Efectos cardiovasculares.

Estudios epidemiológicos y que involucran tratamientos nutricionales indican que el consumo de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-3 de cadena larga producen cambios en variables homeostáticas asociadas a efectos benéficos en la salud (Carrero y col., 2005). Una dieta que contiene 40 g de grasa láctea, ingerida

diariamente durante 4 semanas como queso, no aumenta el colesterol total ni el colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (LDL-C), en comparación con la mantequilla (Nestel y col., 2005). Otro estudio ha demostrado que la estructura física de alimentos ricos en grasas (leche, queso mozzarella y mantequilla) no tiene un efecto importante en las concentraciones postprandiales de TG en plasma, (Clemente y col., 2003).

3.2.6 Potencial anti cancerígeno.

Las causas del cáncer no están definidas claramente, pero se sabe que tanto los factores internos y externos como el tipo de dieta juegan un papel muy importante para iniciar y promover la carcinogénesis. Se estima que alrededor de 35% de todas las muertes por cáncer están relacionadas con la dieta. La cantidad y el tipo de grasa de la dieta consumida pueden ser importantes en el desarrollo del cáncer humano (Eynard, 1996).

Los PUFA son citotóxicos para ciertas células tumorales *in vitro*, esta acción citotóxica puede estar relacionada con la peroxidación de sus dobles enlaces, lo que genera un estrés oxidativo persistente debido al incremento en la producción de radicales libres, los cuales dañan el ADN (Eynard, 1996).

3.3 Alimentos que contienen ácidos grasos.

3.3.2 Alimentos que contienen ácidos grasos saturados (SFA).

Son aquellos que provienen mayoritariamente en los alimentos de origen animal, tales como: alimentos enteros, mantequilla, grasa, carnes con grasa, quesos grasos, tocino, fiambres o embutidos, crema de leche, helados de crema. También es posible encontrar grasas saturadas en alimentos como aceite de coco o aceite de palma. Un exceso de consumo de estos alimentos pueden aumentar de manera significativa los niveles de colesterol sérico, transportado en las Lipoproteínas de baja densidad (LDL)(INNATIA, 2012).

3.3.3 Alimentos que contienen ácidos grasos monoinsaturados (MUFA).

Se pueden encontrar preferentemente en alimentos de origen vegetal, tales como aceite de oliva y aceite de canola(INNATIA, 2012).

3.3.4 Alimentos que contienen ácidos grasos poliinsaturados (PUFA).

Podemos mencionar dentro de este grupo al pescado de mar, los aceites depescado, girasol, maíz, soya, nueces, maní, almendras, castañas, semillas de lino, chía, sésamo y aguacate (INNATIA, 2012).

3.4 Alimentos funcionales.

La Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos ha definido los alimentos funcionales como “cualquier alimento o ingrediente alimenticiomodificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al

de los nutrientes tradicionales que contiene” (Thomas y col., 1994). Muchas otras definiciones en el mismo sentido se pueden encontrar. A lo largo del tiempo se han utilizado muchos términos para identificar los alimentos funcionales, tales como alimentos de diseño, productos nutraceuticos, alimentos genéticamente diseñados, farmalimentos, vitalimentos, fitoalimentos/fitonutrientes, alimentos de alto rendimiento, alimentos inteligentes, alimentos terapéuticos, alimentos de valor añadido, alimentos genómicos, prebióticos/probióticos, alimentos superiores, alimentos hipernutritivos, alimentos reales (Mazza, 2000; Xu, 2001). La Tabla 5 resume algunas de estas definiciones.

Tabla 5. Definiciones relacionadas con los alimentos funcionales.

Término	Definición	Referencia
Alimento funcional	Cualquier alimento o ingrediente que proporcione un beneficio a la salud superior a los que aportan los nutrientes convencionales que contenga.	Thomas y col., 1994
Quimiopreventivo	Componente alimenticio, con función nutritiva o no, que se ha comprobado científicamente que posee potencia inhibitorio, preventivo frente al cáncer primario y secundario.	Bad y col., 2004
Alimento de diseño	Alimento procesado al que se le han añadido ingredientes naturales ricos en sustancias preventivas en enfermedades.	Pence. 2004
Nutracéutico	Cualquier sustancia que pudiera considerarse alimento, o parte de él, que proporcione beneficios médicos o para la salud, incluyendo la prevención y el tratamiento de enfermedades.	Andlauer y col., 2002; Mueller, 1999
Fitoquímico	Sustancias que se encuentran en frutas y verduras comestibles, que se ingieren diariamente en cantidades importantes por los humanos, y que poseen el potencial de modular el metabolismo de forma positiva en la prevención del cáncer.	Bad y col., 2004; Betoret, 2002

El concepto de los alimentos funcionales fue desarrollado en Japón durante la década de 1980, como una necesidad para reducir el alto costo de los seguros de salud que aumentaban por la necesidad de proveer cobertura a una población cada vez de mayor en edad. Con el paso del tiempo se han identificado componentes fisiológicamente activos o bioactivos en los alimentos (Pennington, 2002; Krist-Etherton y col., 2002; Xu, 2001), soportados con un aumento en las evidencias científicas en que se apoyan los efectos fisiológicos y los beneficios para la salud; al mismo tiempo aumenta el interés de los consumidores, la industria y los legisladores por este tipo de alimentos.

3.5 El queso.

El queso es un alimento que se obtiene a partir de la coagulación de las proteínas de la leche, principalmente caseína seguido de un cortado, desuerado, salado y moldeado (Amiot, 1991; Beresford y col., 2001). Dicho proceso permite conservar las características nutrimentales de la leche por un periodo más o menos largo debido a la disminución de una gran cantidad de agua. Desde el punto de vista nutricional, es considerado como un alimento nutritivo ya que contiene todos los aminoácidos esenciales para el ser humano: isoleucina, leucina, lisina, treonina, triptofano, fenilalanina y valina (Schlimme, 2002). Es una fuente importante de vitaminas, (excepto la vitamina C, ya que se destruye en el proceso de fabricación) y minerales, (calcio, hierro, fósforo, etc.) que sirven para el mantenimiento de la salud (Gompertz, 2004); además de ser una buena fuente de ácidos grasos esenciales. Su aporte energético también es importante, y varía con base en la concentración de la grasa presente en la leche empleada para su elaboración.

Generalmente, en la leche de vaca el 2% del total de ácidos grasos corresponde a ácidos grasos poliinsaturados, y el 70% a ácidos grasos saturados (Scott, 1991). Adicionalmente, es considerado como un alimento adecuado para las personas intolerantes a la lactosa, ya que dicho azúcar se pierde casi en su totalidad durante el proceso de elaboración y maduración de los quesos (Gompertz, 2004).

3.6 El origen del queso.

El origen del queso no es muy preciso, pero existe una leyenda que relata la historia de un pastor nómada quien a falta de recipientes utilizó el estómago de un cabrito para transportar leche. Como resultado del calor durante el camino y de la concomitante actividad enzimática presente en el estómago, la leche se tornó sólida formando un producto agradable al paladar. Posteriormente, en vista de las ventajas obtenidas por el aumento de vida útil de este nuevo producto, se condimentó, adaptó por diferentes culturas y difundió hasta llegar a ser uno de los productos lácteos predilectos en el mundo (Amiot, 1991).

En México, este producto se comenzó a elaborar con la llegada de los españoles en el siglo XVI quienes trajeron consigo diversos animales como vacas y cabras, a partir de las cuales obtenían leche para la elaboración de una amplia variedad de quesos con una gran diversidad sensorial (Cervantes y col., 2008).

En la actualidad, nuestro país sigue siendo productor de diversos tipos de quesos artesanales altamente apreciados por la población local debido a sus fuertes raíces históricas y a las características distintivas que presentan (Villegas de

Gante, 2000). Algunos de los quesos tradicionales más populares en México son: el Oaxaca, Chihuahua y Cotija, este último, mejor conocido como el queso “parmesano mexicano”. Según Villegas de Gante (2000), el queso Cotija poco añejado, es semejante al queso Feta griego.

3.7 Queso Cotija Región de Origen^{MC}(QCRO).

La gente de la Sierra de Jalmich (Figura 1), relata que el queso Cotija Región de Origen^{MC} nació como consecuencia del asentamiento de los españoles en el valle de Cotija y sus alrededores quienes, en búsqueda de oro y espacios libres para sus animales, transformaron a esta región en una zona ganadera. Según los productores de la región, el origen del nombre “Cotija” surge de la costumbre de comercializar el queso elaborado en la región de Jalmich, en la población de Cotija, Michoacán donde anteriormente existía una estación de tren. Actualmente, es conocido como el QCRO para el que se elabora en dicha región (Hernández y col., 2009).

El Queso Cotija Región de Origen^{MC} es un producto lácteo artesanal, madurado, salado, de pasta dura, no cocida, de textura desmoronable que se elabora desde hace más de cuatro siglos, en la región serrana entre los estados de Jalisco y Michoacán (Sierra Jalmich). Es elaborado a partir de leche entera bronca, (no pasteurizada), de ganado cebú o criollo que se alimenta bajo un sistema de libre pastoreo dentro del área delimitada, en donde el queso es un icono fundamental de la identidad cultural y territorial de los habitantes. Su periodo de elaboración se restringe a los meses de mayo a septiembre, debido a que la vegetación con la

que se alimenta el ganado es más abundante durante esta época, aumentando la producción de leche (Álvarez y col., 2005). Su proceso de maduración se lleva a cabo durante el resto del año, con lo que se logra la obtención de un producto con características únicas que se comercializa tradicionalmente en el mes de diciembre.



Figura 1. Sierra de Jalmich (Tomado de Álvarez y col., 2005).

Es importante señalar que la zona de producción de la materia prima y la de elaboración del queso es la misma. De hecho, el queso Cotija Región de Origen^{MC} se caracteriza por ser elaborado por los mismos ganaderos a partir de su producción de leche.

La zona abarca aproximadamente 2.400 km² y está ubicada de los 19°15' a los 19°40' de latitud norte y de los 102°30' a los 103°05' de longitud oeste, dentro de la sierra Jalmich, entre los estados de Jalisco y de Michoacán. De los seis

municipios incluidos en este territorio, participan en el proceso de calificación del queso Cotija los productores de santa María del Oro, Jilotlán de los Dolores y Quitupan (Jalisco), Cotija, Tocumbo y Buena Vista Tomatlán (Michoacán) (Pomeón Thomas, 2007).

3.8 Proceso de elaboración del queso Cotija Región de Origen^{MC}.

El proceso de elaboración del QCRO es totalmente artesanal. Comienza con la ordeña de las vacas para la obtención de la leche, la cual es filtrada y reposada en tinajas de acero inoxidable. Posteriormente, sin ningún tratamiento térmico, se le agrega un agente coagulante (cuajo o enzimas coagulantes) para la precipitación y concentración selectiva de las proteínas presentes. Esta coagulación, conocida como cuajada, es cortada y desuerada para eliminar una gran proporción de agua, con lo que también se elimina la mayor cantidad de la lactosa presente en la leche; así se contribuye a generar las características de textura y composición del producto final. Posteriormente, el quesero termina de romper esta estructura de manera manual e incorpora la cantidad de sal necesaria amasando hasta su homogenización. La cuajada salada es colocada dentro de un molde cilíndrico para definir la forma y el tamaño del queso. La pieza resultante es prensada empleando piedras de diferentes tamaños. Al finalizar esta etapa el queso se desmolda, se faja, se voltea continuamente para orearlo y obtener un producto homogéneo. Al terminar el oreado, el queso se descincha y se deja madurar durante un mínimo de 3 meses para garantizar su calidad sensorial y microbiológica (Bravo, 2008) antes de enviar el producto final al mercado.

En la etapa de maduración el queso sufre una gran cantidad de cambios físicos, químicos y bioquímicos debido a todos los factores intrínsecos, (microorganismos presentes, contenido de humedad, grasa, proteína y acidez, entre otros), y extrínsecos, (temperatura y humedad de almacenamiento), que intervienen durante su añejamiento y que son necesarios para obtener la calidad del producto final (Figura 2).



Figura 2. Diagrama General de elaboración del Queso Cotija Región de Origen (Hernández, 2009).

El resultado de todas las etapas del proceso de elaboración es un queso de pasta dura madurado, salado, sabor pronunciado, aroma fuerte, textura desmoronable, de 40 x 20 cm, un peso de aproximadamente 25 kg listo para su consumo y que no requiere refrigeración para su conservación (Hernández y col., 2009).

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El proceso de elaboración del queso Cotija Región de Origen^{MC} implica la utilización de leche bronca, la cual posee una carga microbiana que interviene en el proceso de maduración y obtención del producto final. Se han realizado estudios microbiológicos que relacionan el tipo de microorganismos y su carga durante el proceso de elaboración del queso.

No existen hasta el momento estudios que muestren la concentración de ácidos grasos que contiene el queso durante su proceso de maduración, esto debido que los ácidos grasos pueden ser considerados como una huella dactilar, ya que son generalmente reconocidos como uno de los criterios más importantes para la evaluación de su calidad (Innocente y col., 2013). Se refleja el olor y el sabor del queso, es reconocido por ser útiles en la caracterización, la definición de sus vínculos con el área, la metodología de producción (Gioacchini y col., 2010), que no solo sea considerado como un producto tipo *gourmet*, sino que además dentro de la dinámica alimenticia mundial se persigue la explotación, diversificación de alimentos en las regiones del mundo, apoyados en la denominación de origen (DO). Aunque el queso Cotija actualmente solo cuenta con la marca colectiva (MC), es un buen candidato para obtener la DO.

Debido a que algunos de los alimentos tipo *gourmet* cobran un valor actual como alimentos funcionales, es importante considerar su utilización como fuente diversa de ácidos grasos saturados e insaturados y su potencial efecto benéfico

en la salud humana. Por lo anterior se debe tomar en cuenta el acceso a ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, tomados no solamente a partir de la fermentación de la fibra dietética y del consumo de aceites vegetales, sino de la utilización de los productos lácteos procesados.

5 JUSTIFICACIÓN.

La salud humana en la actualidad depende, en buena medida, del acceso a una dieta equilibrada y diversificada que comprenda carbohidratos simples y complejos, proteínas de diversos orígenes, ácidos grasos saturados e insaturados. Actualmente se revalorizan los ácidos grasos insaturados y los ácidos grasos de cadena corta. Ya que poseen un efecto modulador de la ingesta alimentaria y de la motilidad intestinal, por lo que se puede conseguir un efecto de prevención de enfermedades crónicas como la obesidad y fenómenos pro-inflamatorios.

El QCRO es un producto que se ha elaborado de manera artesanal desde hace más de 400 años en la Sierra de Jalmich. Su producción ha representado el sustento económico de las familias que lo producen (200 familias, actualmente) (Hernández y col., 2009), las cuales se han visto afectadas por la aparición de productoras, imitando al QCRO lo cual ha ocasionado que varias rancherías productoras dejen de producirlo (Villegas da Gante, 2000), esto por falta de criterios científicos homogéneos que establezcan las concentraciones de algún tipo de ácido graso que varíe o se modifique a través de los procesos de maduración como es el caso del presente trabajo.

Es por eso que el presente trabajo contribuirá a ampliar la escasa información científica tomada de sitios de referencia, sobre la modificación de la composición de ácidos grasos a lo largo del tiempo de maduración, permitiendo, generar los antecedentes necesarios para verificar la huella dactilar que, permitan,

darle un valor agregado a un alimento característico de México y en especial del estado de Michoacán.

Puesto que el contar con alimentos funcionales dentro de la dieta humana permitirá aumentar el capital de salud a través de la dieta. Para esto es necesario caracterizar de una manera cabal los componentes nutrimentales, como las proteínas y los ácidos grasos contenidos durante las etapas de su proceso de maduración.

6 OBJETIVO GENERAL.

Identificación de algunos ácidos grasos insaturados durante el proceso de maduración del queso Cotija Región de Origen^{MC}.

7 OBJETIVOS PARTICULARES.

7.1 Determinar el Porcentaje de humedad en muestras procedentes del Queso Cotija Región de Origen^{MC}, a lo largo del proceso de maduración.

7.2 Determinar la concentración de proteínas en muestras procedentes del Queso Cotija Región de Origen^{MC}, a lo largo del proceso de maduración.

7.3 Determinar ácidos grasos en muestras procedentes del Queso Cotija Región de Origen^{MC}, a lo largo del proceso de maduración.

8 METODOLOGÍA.

8.1 Obtención de la materia prima.

Las muestras del queso Cotija Región de Origen^{MC} con el que se trabajó fueron aportadas por el productor David Pulido Valencia, quien reside en Cotija Michoacán en la calle Clara M. Valencia No. 279. Proporciono 3 muestras de 250g cada una de diferentes etapas de maduración (Tabla 6).

Tabla 6. Tiempo de maduración de las muestras en días.

Muestra	Tiempo de maduración (días)
1	1
2	15
3	90

Las muestras fueron divididas en 3 partes iguales y selladas al vacío con la empacadora y selladora Food Saver, Oster®, modelo 2240, con la finalidad de conservar sus propiedades hasta el momento de su uso en las pruebas pertinentes.



Figura 3. Obtención de las muestras y empaquetado.

8.2 Determinación de humedad.

La determinación de secado en estufa se realizó siguiendo el método de Nollet (1996), el cual se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Se analizaron 3 muestras por triplicado.

- Se pesaron nueve capsulas de porcelana.
- Se llevaron a peso constante en estufa a 110 °C por dos horas.
- Se pusieron en el desecador y se pesaron.
- Se le agregó 5g a la capsula de porcelana de muestra por triplicado.
- Se llevaron a la estufa, donde se mantuvieron a una temperatura de 110 °C por dos horas.
- Se dejaron enfriar las capsulas con la muestra y se pesaron.



Figura 4. Capsulas de porcelana con las muestras dentro de la estufa de secado.

8.3 Método espectrofotométrico para determinación de proteínas (absorción a 280nm patrón de referencia de albumina sérica bovina se sigma-aldrich®).

- Se disolvió una tableta de PBS (solución salina de buffer de fosfatos de Fluka) en 200ml de agua destilada.
- Los tubos se esterizaron junto con el PBS.
- Se pesó 0.3g de cada muestra por triplicado.
- Cada muestra se vació en un tubo y se agregó 3ml de PBS.
- Los tubos se incubaron por una hora a 37°C.
- Después se centrifugaron los tubos por 3 minutos.
- Se recuperó la materia soluble de la insoluble.
- Se diluyó el extracto con PBS a proporción 1:100 (2µl del extracto más 198µl de PBS).
- Se agitó la muestra.

- Se llevó al espectrofotómetro donde se leyó a una absorbancia de 280 nm. El equipo que se utilizó fue el espectrofotómetro de UV/visible Bio-Rad, SmartSpec™ 3000.

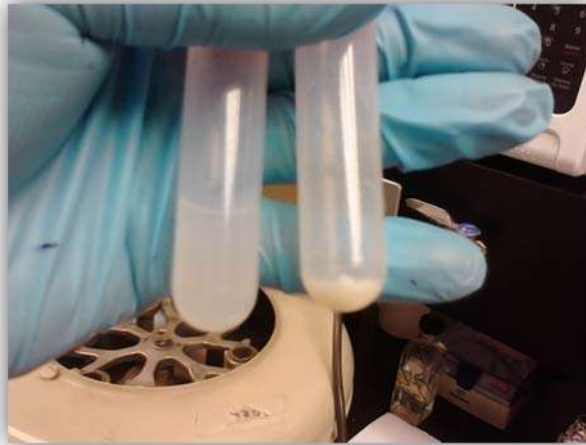


Figura 5. Recuperación de la materia soluble de la insoluble para su análisis en el espectrofotómetro.

8.4 Extracción etérea (Método Soxhlet).

La finalidad fue extraer la grasa de la muestra para analizarla en el Cromatógrafo de gases. Por eso se modificó el método de James (1999).

- Se pesó 3g de cada muestra finamente dividida por triplicado en un vidrio de reloj.
- Se vertió cada muestra en un cartucho de celulosa y se tapó con algodón.

- Se conectó el matraz al extractor, donde se encontraba el cartucho con la muestra, y posteriormente se le agregó 150 ml del solvente (éter etílico de J.T. Baker).
- Se conectó el refrigerante.
- Se hizo circular el agua en el refrigerante y se calentó en baño maría hasta que se obtuvo una frecuencia de 2 gotas por segundo, (la temperatura del baño fue de 40°C).
- Se efectuó la extracción durante 4h se suspendió el calentamiento y se quitó el extractor del matraz, se recuperó la grasa extraída con una cantidad mínima de solvente y se vertió en frascos de cristal para su transportación.



Figura 6. Extracción de la grasa del queso por el método Soxhlet en serie.

8.5 Método de cuantificación del perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases.

La metodología aplicada fue la que le aportaron al M.C. Álvaro Rodríguez Barrónla empresa Chantilly S.A. de C.V., misma que fue modificada a 1/5 de los reactivos utilizados para hacerlo microtécnica.

El cromatógrafo de gases (Autosystem XL, Perkin Elmer) que se encuentra en el Hospital Civil de Morelia Michoacán cuenta con inyector y un detector de ionización de llama (FID), columna supelco OMEGA WAX™ 320, con 30m x 0.32mm y 0.25µm de espesor de la película.

- Se agregó 0.1ml de la muestra de grasa extraída en el Soxhlet a un tubo.
- Se agregó 1ml de solvente (éter de petróleo d J.T. Baker) y se agitó.
- Después se adicionó 1ml de metilato de sodio y se agitó la muestra por 3 minutos en vortex para homogenizar la muestra.
- Se adicionó 1ml de agua destilada.
- Se agitó hasta que no existiera efervescencia.
- Posteriormente se pasó a la centrifugadora por 1 minuto a 2500 rpm para que se separe la fase orgánica de la fase acuosa.
- Se extrajo la parte orgánica.
- Se inyectó 1µl de la fase orgánica al Cromatógrafo de gases (Autosystem XL, Perkin Elmer).

- Se utilizó el estándar Lipid Standard de Sigma® que contiene los siguientes ácidos: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoléico (C18:2), linolénico (C18:3).

Las condiciones de uso para el Cromatógrafo, fueron dadas en el software, Totalchrom de Perkin Elmer (Tabla 6.), usando como estándar Lipid Standard de Sigma®.

Tabla 7. Condiciones de uso del Cromatógrafo.

Tiempo de corrida	63 minutos
Presión Interna	6.0 psi
Temperatura del inyector	250°C
Temperatura inicial	220°C
Temperatura máxima	350°C
Temperatura del detector	260°C



Figura 7. Cromatógrafo de gases Autosystem XL, Perkin Elmer.

9 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

9.1 Resultados.

9.1.1 Análisis del porcentaje de humedad en queso Cotija.

Los resultados de % de humedad, se obtuvieron aplicando la fórmula:

$$\%Humedad = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100$$

Dónde:

P₁= Peso del virio de reloj vacío en gramos.

P₂= Peso del vidrio de reloj más la muestra antes del secado en gramos.

P₃= Peso del vidrio de reloj más la muestra desecada en gramos.

Tabla 8. Promedio del % de Humedad ± desviación estándar.

Muestra	%Humedad promedio
1	51.40 ± 0.40
2	42.45 ± 0.43
3	39.79 ± 2.22

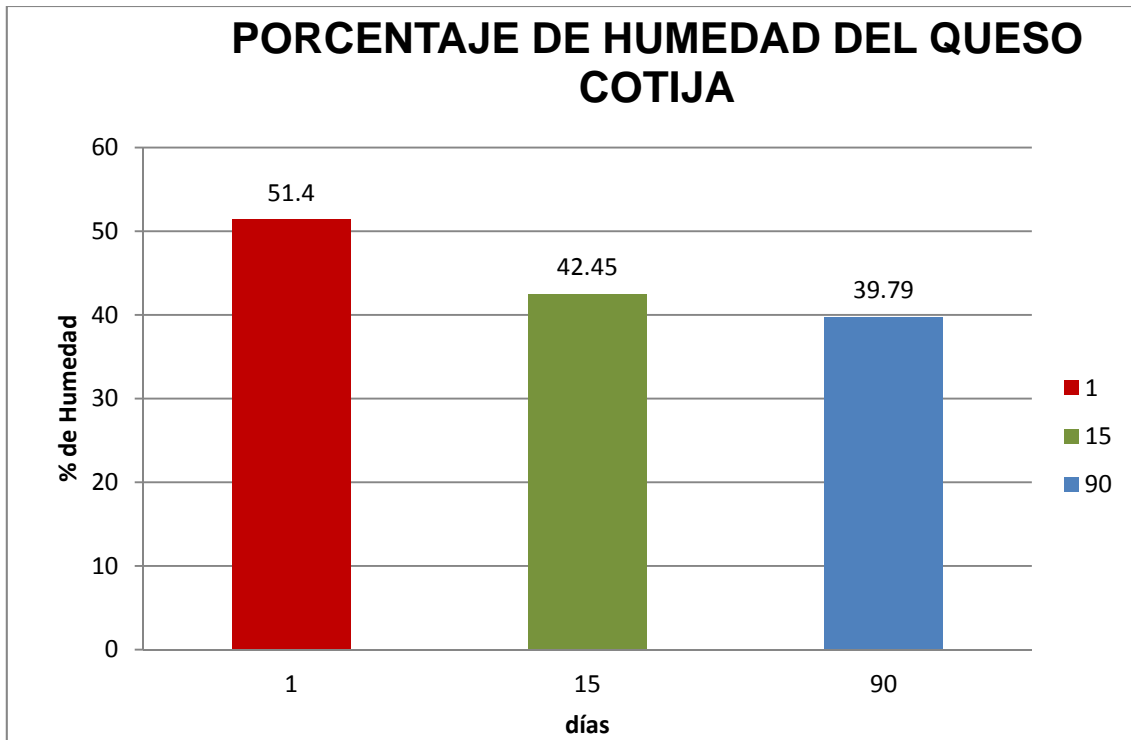


Figura 8. Porcentaje de humedad del queso Cotija.

9.1.2 Cuantificación de proteínas.

Una unidad de Absorbencia es igual a 4g de albumina sérica bovina (de Sigma-Aldrich) en un volumen de 100ml por lo tanto el cálculo se establece de la siguiente manera:

$$\%Proteínas = \frac{4 \times (Abs \text{ de la muestra})}{1} \cdot 100$$

Los resultados de % de Proteínas, se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9. Promedio del % de Proteínas ± desviación estándar.

Muestra	%Proteínas promedio
1	21.06 ± 1.61
2	28.8 ± 0.4
3	38.26 ± 3.02

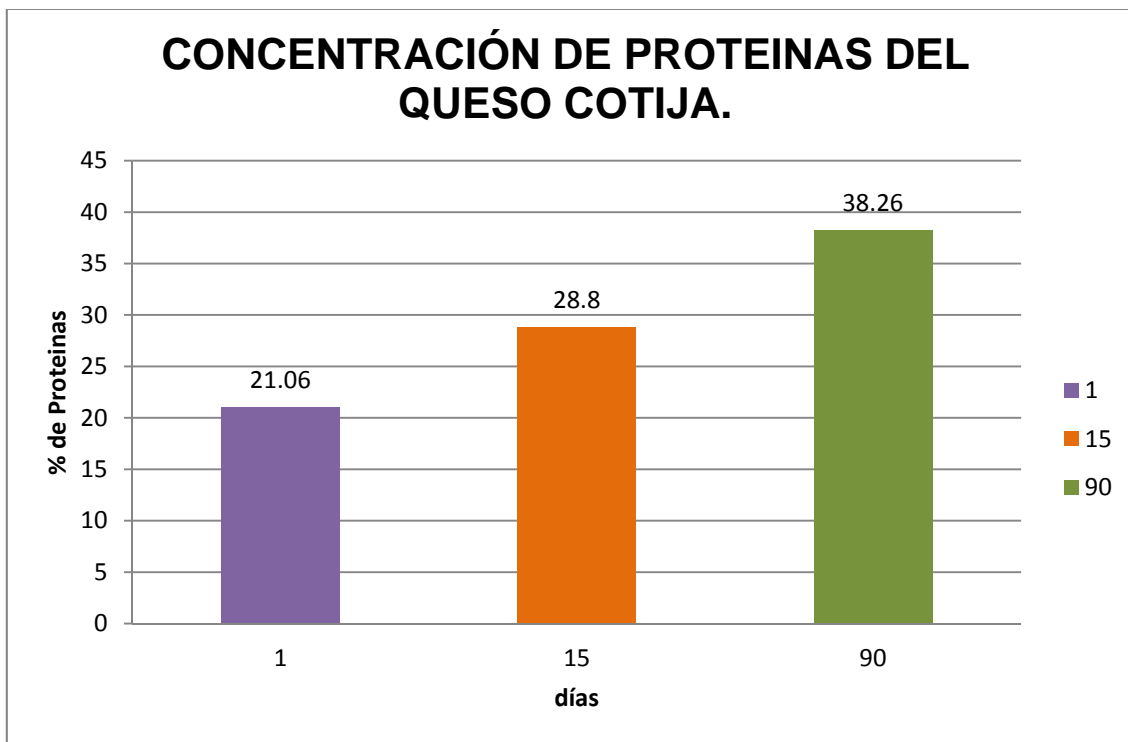


Figura 9. Concentración de proteínas del queso Cotija.

9.1.3 Caracterización de los ácidos grasos.

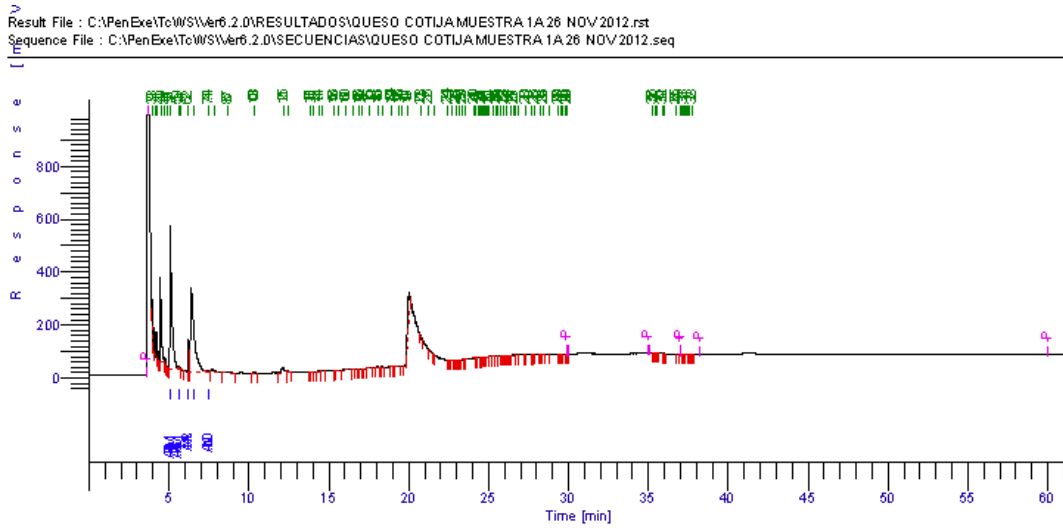


Figura 10. Cromatograma del extracto lipídico obtenido de la muestra 1.

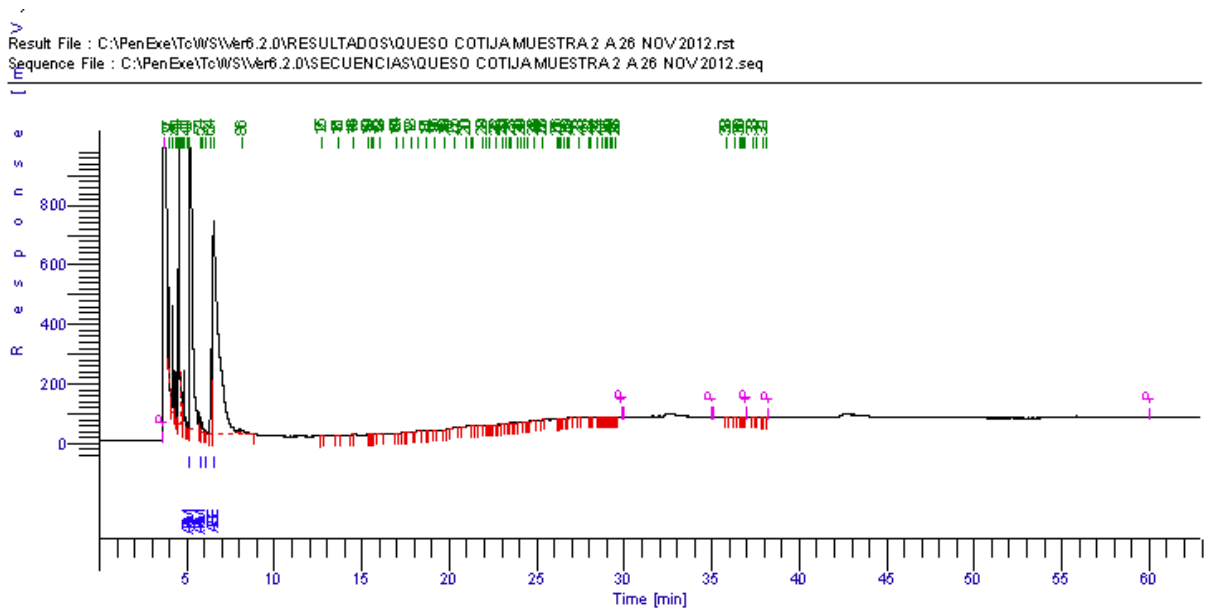


Figura 11. Cromatograma obtenido del extracto lipídico obtenido de la muestra 2.

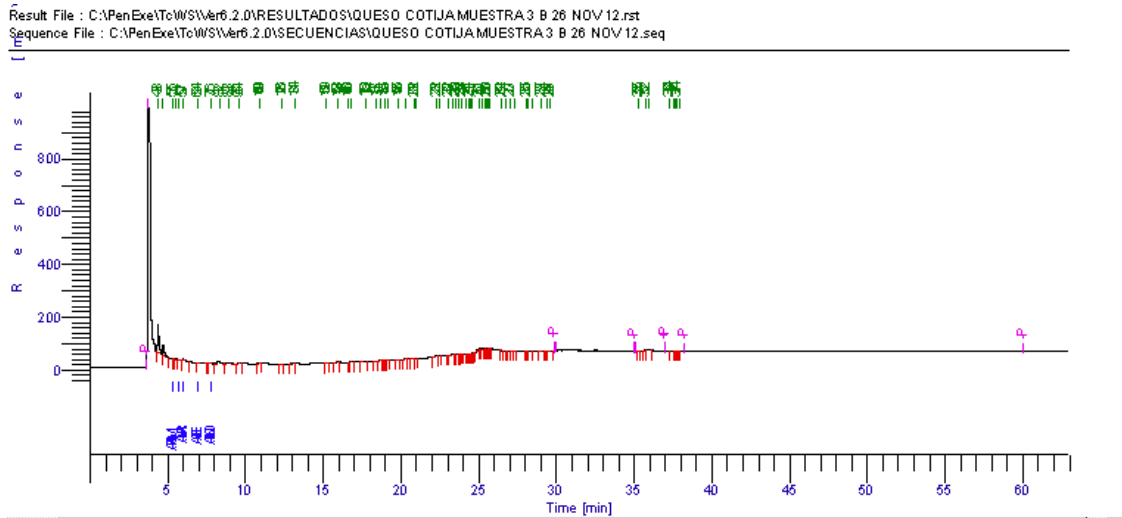


Figura 12. Cromatograma obtenido del extracto lipídico obtenido de la muestra 3.

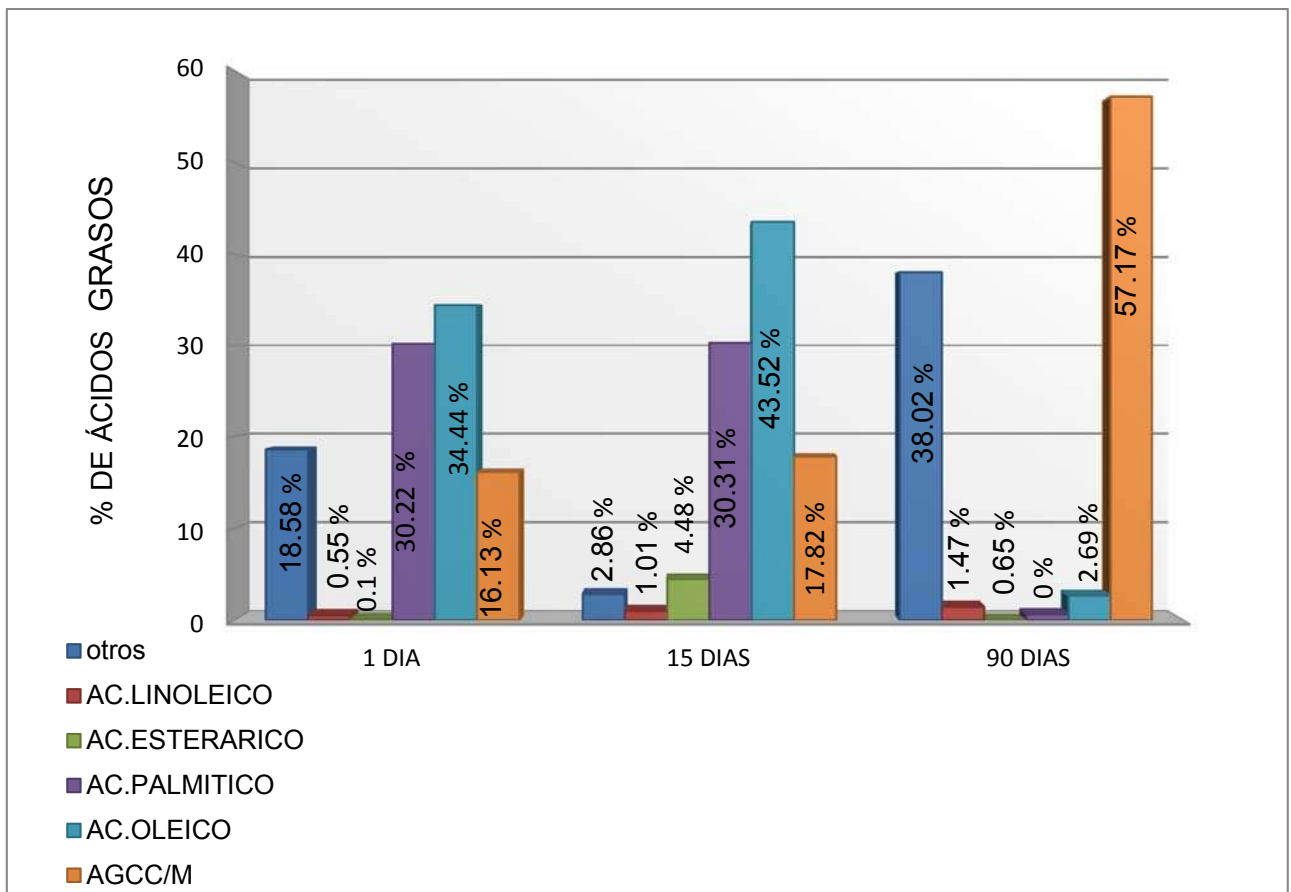


Figura 13. Porcentajes de los diferentes componentes presentes en las muestras analizadas.

9.2 Discusión.

De acuerdo los resultados mostrados en el presente trabajo y desde el punto de vista nutritivo, elQCRO cuenta con una concentración elevada de proteínas que aumenta al paso del tiempo, hasta alcanzar una concentración de 38.26% (90 días de iniciado el proceso de maduración del producto). Sin embargo, la humedad se comportó de manera inversa, es decir, disminuyó durante el proceso de la maduración del Queso, como se puede ver en las Tablas 7y Tabla 8, respectivamente.

En referencia a la identificación del perfil de ácidos grasos del QCRO es interesante mostrar que los ácidos grasosinsaturados como el ácido oleico (C18:1) y linoléico (C18:2), se encuentran presente a lo largo del proceso de maduración, pero sus concentraciones fluctúan comenzando el día 1 en 34.44% y 0.55%,al día 15 de maduración se tiene una concentración de 43.52% y 1.01%, lo cual está acorde a la disminución de la humedad en las muestras de queso analizadas, sin embargo la concentración en el día 90 de maduración se encuentra un valor de 2.69% para el ácido oleico y 1.47% para el ácido linoléico.Ahora bien, la fracción de ácidos grasos de cadena corta y cadena mediana, (grasa butírica), fluctúa de manera inversa respecto a la concentración de ácidos grasos insaturados, respecto al tiempo de maduración, teniendo que en el tiempo 1 se tiene una concentración total de 16.13% de ácidos grasos de cadena corta, en el tiempo 2 de 17.87% y el tiempo 3, de 56.52%, lo cual es una relación inversamente proporcional a la concentración inicial de ácidos grasos de cadena larga como el

oleico en el tiempo 3 que es el valor que corresponde a los 90 días del proceso de maduración.

En el presente trabajo sobre QCRO, se identifican y se reportan las concentraciones del perfil de ácidos grasos de cadena corta, ácido oleico y linoléico a lo largo de un espacio de tiempo, necesario para el proceso de la maduración del producto, los resultados nutrimentales en la fracción de proteínas y lípidos, permiten compararse con otros estudios, que han caracterizado, la fracción volátil, (entre los que se encuentran los ácidos grasos de cadena corta y media), de diferentes tipos de quesos: de pasta hilada, semidura y maduros, de las variedades más comunes y bien conocidas, tales como, Emmental (Dirinck y De Winne, 1999), Gruyère (Mallia y col., 2005), Cheddar (Arora y col., 1995; Shakeel - ur-Rehman y col., 2000; Frank y col., 2004), Gouda (Dirinck y De Winne, 1999), Grana Padano (Moio y Addeo, 1998), Parmigiano Reggiano (Barbieri y col., 1994; Careri y col., 1994; Bellesia y col., 2003), también a quesos producidos y consumidos sólo a nivel local, tales como, quesos empapados en vino o fermentados (Innocente y col., 2007), Fossa, (Gioacchini y col., 2010), Fontina Valle d' Aosta, (Berard y col., 2007), Montasio (Innocente y col., 2013), Vastedda della vella del Belíce, (A. Verzera y col., 2010), entre otros. En todos estos se hace notar la microextracción en fase lipídica de la muestra sólida y su análisis por cromatografía de gases, debido a la reducción del tiempo de preparación de la muestra, a la alta sensibilidad analítica (Frank y col., 2004; Mallia y col., 2005; Gioacchini y col., 2010). En los estudios antes mencionados, se han demostrado la presencia de ácidos grasos de cadena corta y media

como:butanoico (C4:0), hexanoico (C6:0), octanoico (C8:0), decanoico (C10:0), ácidos grasos de cadena larga insaturados como el oleico (C18:1) y el linoleico (C18:2), con diferentes concentraciones para cada tipo de queso. Cabe destacar que los ácidos grasos insaturados (omega-3 y omega 6 respectivamente),son ácidos grasos esenciales en la dieta humana (Larson y col., 2012), mismos queestán involucrados por su carencia o deficiencia en el desarrollo de enfermedades crónicas y su prevención en enfermedades cardiovasculares y el tratamiento de enfermedades inflamatorias de tipo inmune (Turunen y col., 2012).

También se tiene que mencionar, que los ácidos grasos de cadena corta y media han ganado importancia dentro del alimentación humana, puesto que los colonocitos humanos metabolizan preferentemente ácidos grasos de cadena corta como butirato, expresando este tipo de célulasreceptores a ácidos grasos de cadena corta y media por el receptor denominado FFAR2 pertenecientes a la Familia de receptores transmembranales denominados GPR41 y GPR43, (Vinolo y col., 2012), que intervienen en funciones importantes como: disminución del pH, efecto trófico, producción de energía, entre otros, a nivel del colon, (García y col., 2002).

La fuente actual de los ácidos grasos esenciales de la dieta humanason: plantas oleaginosas, semillas yalgunos frutos senescentes,como el aguacate en sus diversas Variedades comerciales o criollas, sin embargo, se recomienda que la dieta humana se diversifique según la FAO, por lo que el queso Cotija Región de Origen^{MC} es un alimento que puede empezar a ser considerado como un

alimento funcional, en base a los resultados mostrados, en el presente trabajo, para las fracciones alimenticias de proteínas y ácidos grasos, los cuales como se mostró en las Tablas 7, Tabla 8 y Figura 11, las cuales aportan información sobre la calidad alimenticia del QCRO, lo que abre una vasta posibilidad de incrementar los estudios no solo referentes a la composición Química del Queso Maduro de Cotija, sino también revalorizar a este producto, no solo como un producto artesanal regional, sino darle un mayor peso específico como una fuente de moléculas esenciales en la dieta humana tan deteriorada en algunos grupos poblacionales. Permitiendo tal vez la posibilidad de que los productores, gobierno y académicos puedan vincularse de una manera integral y productiva.

10 CONCLUSION.

El presente trabajo muestra que el queso Cotija Región de Origen^{MC} es un alimento que puede ser considerado como funcional. Esto se atribuye a la alta cantidad de proteína que contiene a los 90 días de maduración, así como a la cantidad de ácidos grasos de tipo insaturado, ácidos grasos de cadena corta y media, los cuales coadyuvan al funcionamiento del organismo humano, como en el sistema digestivo, participando en la prevención de enfermedades como el cáncer colón-rectal.

También se aporta la base de lo que puede llegar a ser la huella dactilar del queso, que para los productores es necesario para poder contar con el reconocimiento como producto único a nivel mundial, donde las características del perfil volátil, es generalmente reconocido como uno de los criterios importantes para la evaluación de su calidad, definido por sus vínculos con el área y metodología de producción, evitando adulteraciones y prácticas fraudulentas (Gioacchini y col., 2010).

11 PERSPECTIVAS.

Caracterizar los ácidos grasos de cadena corta y mediana del queso Cotija^{MC}, para establecer criterios unificados entre los productores de Queso Cotija, lo que permita incrementar no solo la producción, también incluyendo la composición Química del alimento, para así asegurar la calidad y originalidad del producto artesanal, lo que permitirá poder obtener la huella dactilar por la fracción lipídica que es necesaria, para obtener la DO, donde se debe justificar, mediante estudios científicos su composición físico-química y bromatológica.

Realizar estudios de funcionalidad y expresión de receptores de genes en modelos animales de estudio como son las ratas diabéticas sometidas a dietas suplementadas con Queso Cotija.

12 REFERENCIAS.

Verzera A, Conduro C, Ziino M, Romeo V, Todaro M, Conte F, Dima G. (2010)

Free fatty acids and other volatile compounds for the characterisation of “Vasteddadellavalle del Belì`ce” cheese. *Journal of Food*.

Ackman, R.G. (2008). Fatty acids in fish and shellfish. In Chow, C.K., ed., *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*, pp. 155-185. CRC Press, London, UK.

Álvarez, B.R., Barragán, L.E. y Chombo, M.P. (2005). “Reglas de uso. Marca colectiva Queso Cotija Región de Origen”. El Colegio de Michoacán, México.

Amiot, J. (1991). *Ciencia y tecnología de la leche*. ACRIBIA. Zaragoza. pp. 1-69, 97, 249-266.

Andlauer, W, Fürst, P. (2002). Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. *Food Research International*

Andoh, A, Fujiyama, Y, Hata, K., Takaya, H., Shimada, M., Bamba T. (1999). Counter-regulatory effect of sodium butyrate on tumor necrosis factor-alpha (TNF-alpha)-induced complement C3 and factor B biosynthesis in human intestinal epithelial cells. *Clinical and Experimental Immunology*.

Arora, G, Cormier F, and B. Lee. (1995). Analysis of odor-active volatiles in Cheddar cheese headspace by multidimensional GC/MS/ sniffing. *J. Agric. Food Chem.* 43:748–752.

Bad, Y. Fenwick, R.(2004). Phitochemicals in health and disease. Marcel Dekker, New York.

Barbieri, G,Bolzoni L, Careri M, Mangia A, Parolari G, Spagnoli S, and, Virgili R. (1994). Study of the volatile fraction of Parmesan cheese. J. Agric. Food Chem.

Bellesia, F, Pinetti A, Pagnoni U, Rinaldi R, Zucchi C, Caglioti L, and Palyi G. (2003). Volatile components of Grana Parmigiano- Reggiano type hard cheese. Food Chem.

Berard, J,Bianchi F, Careri M, Chatel A, Mangia A, and Musci M.(2007). Characterization of the volatile fraction and of free fatty acids of “Fontina Valle d’Aosta”, a protected designation of origin Italian cheese. Food Chem.

Berbert AA, Kondo CR, Almendra CL, Matsuo T, Dichi I.(2005) Supplementation of fish oil and olive oil in patients with rheumatoid arthritis. Nutrition.

Beresford T, Fitzsimons N, Brennan A, N.L.y Cogan, T.M. (2001). Recent advances in cheese microbiology. *International. Dairy Journal*.

Betoret, N. (2002). Aplicaciones de algunas técnicas de ingeniería de alimentos en el desarrollo de alimentos naturales enriquecidos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Bravo A. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de interés biotecnológico aisladas del queso Cotija. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM, México.

Calder, P.C. (2006). Polyunsaturated fatty acids and inflammation. *Pros. Leuk. EFA*.

Careri, M, P. Manini, S. Spagnoli, G. Barbieri, and L. Bolzoni. (1994). Simultaneous distillation-extraction and dynamic headspace methods in the gas chromatographic analysis of Parmesan cheese volatiles. *Chromatographia*.

Cervantes Escoto F, Villegas de Gante A, Cesín Vargas A. Espinosa Ortega A. (2008). Los quesos mexicanos genuinos: Patrimonio cultural que debe rescatarse. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAM, Universidad Autónoma del Estado de México y Mundiprensa, México.

Christie, W.W. (2003). *Lipid Analysis. Isolation, separation, identification and structural analysis of Lipids*. 3rd Edition, the Oily Press, Bridgwater, UK.

Clemente, G., Mancini, M., Nazzaro, F., Lasorella, G., Riviaccio, A., Palumbo, A.M., Rivellese, A.A., Ferrara, L. & Giacco, R. (2003). Effects of different dairy products on postprandial lipemia. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*

Craig-Schmidt, M.C. & Teodorescu, C.A. (2008). *Trans-fatty acids in foods*. In Chow, C.K., ed., *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*. pp. 377-437. CRC Press, London, UK.

Delmee, E., Cani, P.D., Gual, G., y cols., (2006). Relation between proglucagon expression and metabolic response to oligofructose in high fat-fed mice. *Life Science*.

Delzenne, N.M., Cani, P.D., Daubioul, C., y cols., (2005). Impact of inulin and oligofructose on gastrointestinal peptides. *British Journal of Nutrition*.

Dirinck P, and A. De Winne. (1999). Flavour characterization and classification of cheeses by gas chromatographic-mass spectrometric profiling. *J. Chromatogr.*

Eynard AR-V, Number (may-June). Role of dietary polyunsaturated fatty acids (PUFA) on tumorigenesis. *CancerJournal* (1996).

FAO y FENUT. (2012): Grasas y ácidos grasos en nutrición humana Consulta de expertos. Granada, España.

Fernández-Bañares F y Gassull MA: Metabolismo colónico de la fibra: efectos fisiológicos y posibles indicaciones terapéuticas de los ácidos grasos de cadena corta. *GastroenterolHepatol*, (1992).

Frank, D.C, Owen C.M, and J. Patterson. 2004. Solid phase microextraction(SPME) combined with gas-chromatography and olfactometry- mass spectrometry for characterization of cheese aroma compounds. *Lebenson. Wiss. Technol.*

García-Alcocer G, Rodríguez A, Moreno-Layseca P, Berumen LC, Escobar J, Miledi R (2010). Serotonin receptor 5-HT(5A) in rat hippocampus decrease by leptin treatment. *Neuroscience Letters*.

Gioacchini, A. M., M. De Santi, M. Guescini, G. Brandi, and V. Stocchi. 2010. Characterization of the volatile organic compounds of Italian 'Fossa' cheese by solid-phase microextraction gas chromatography/ mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.*

Gompertz, G. (2004). Elaboración y comercialización de queso de leche de oveja en el secano mediterráneo de la VI región de Chile. *Estudio y*

evaluación de alternativas. Tesis de Maestría en Ciencias Animales. Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 1-154.

Gunstone, F.D. 1999. Fatty acid structure. In F.D. Gunstone, J.L. Harwood and F.B. PDHGLAey, eds. *The Lipid Handbook*, pp. 1-19. Second Edition, Chapman and Hall, London, UK.

H. Tazoe; Y. Otomo I. Kaji; R. Tanaka; S.-I. Karaki; A. Kuwuhara. (2008). Roles of short-Chain Fatty Acids Receptors, GPR41 and GPR43 on colonic funtions. *Journal of Physiology and Pharmacology*. 15: 251-262.

Hague, A. – Butt, A. J. – Paraskeva, C.: The role of butyrate in human colonic epithelial cells: An energy source or inducer of differentiation and apoptosis? *Proceedings of the Nutrition Society*, 55, (1996), pp. 937–943.

Hernández Briones Verónica, Quirasco Baruch Maricarmen, Quintero Salazar Baciliza. (2009). Un acercamiento al mundo del queso Cotija Región de Origen, arte y tradición de México. *Revista Virtual Gastronómica UAEM*.

Hinnbush, B. F; Shufen, M. J, Tang; Wu,S.Y.Archer,S., and Hodiin, R.A. (2002). The Effects of Short-Chain Fatty Acids on Human Colon Cancer Cell Phenotype Are Associated with Histone Hyperacetylation. *Journal of Nutrition*.

Huth, P.J. (2007). Ruminant *trans*fatty acids: composition and nutritional characteristics. In List, G.R., Kristchevsky, D. and W.M.N.Ratnayake, eds. *Trans fats in foods*, pp. 97- 126. AOCS Press, Urbana, IL.

Innocente N., Munari M, and Biasutti M. 2013. Characterization by solid-phase microextraction-gas chromatography of the volatile profile of

protected designation of origin Montasio cheese during ripening. *J. Dairy Sci.*

Innocente, N., M. Biasutti, and P. Comuzzo. (2007). Characterization of a traditional semi-hard Italian cheese produced by soaking in wine. *Food Chem.*

Carrero J.J, Martín-Bautista, Baró L, Fonoll J, Jiménez J, Boza J.J y E. López-Huertas.(2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria.*

Joy CB, Mumby-Croft R, Joy LA. Polyunsaturated fatty acid supplementation for schizophrenia. *Cochrane Database Syst Rev.*(2003).

Kremer JM, Lawrence DA, Jubiz W, DiGiacomo R, Rynes R, Bartholomew LE et al. Dietary fish oil and olive oil supplementation in patients with rheumatoid arthritis. Clinical and immunologic effects. *Arthritis Rheum* (1990).

Krist-Etherton, P.M.; Hecker, K.D, Bonanone, A. Coval, S.M, Binkoski, A.E, Hilpert, K.F, Griel, A.E.; Etherton, T.D. (2002). Bioactive compounds in Foods: Their Role in the prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. *The American Journal of Medicine.* Volume 113.

Larson MK, Tormoen GW, Weaver LJ, Luepke KJ, Patel IA, Hjelmén CE, Ensz NM, McComas LS, McCarty OJ. (2012). Exogenous modification of platelet membranes with the omega-3 fatty acids EPA and DHA reduces platelet procoagulant activity and thrombus formation. *Am J Physiol Cell Physiol.*

- Mallia, S. E. Fernandez-Garcia, and J.O. Bosset. (2005). Comparison of purge and trap and solid phase microextraction techniques for studying the volatile aroma compounds of three European PDO hard cheeses. *Int. Dairy.*
- Mazza, G. (2000). *Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado*. Zaragoza. Editorial Acribia S.A. España.
- Miller TL y Wolin MJ: Fermentation by saccharolytic intestinal bacteria. *Am J Clin Nutr*, 1979.
- Moio, L., and F. Addeo. 1998. Grana Padano cheese aroma. *J. Dairy Res.*
- Mueller, C. (1999). The Regulatory Status of Medical Foods and Dietary Supplements in the United States. *Nutrition*, vol.15
- Nestel, P.J., Chronopoulos, A. & Cehun, M. (2005). Dairy fat in cheese raises LDL cholesterol less than that in butter in mildly hypercholesterolaemic subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.*
- Nettleton, J.A. (1991). Omega-3 fatty acids: comparison of plant and seafood sources in human nutrition. *J. Am. Diet. Assoc.*
- Orozco-Solís R, Matos RJ, Guzmán-Quevedo O, Lopes de Souza S, Bihouée A, Houlgatte R, Manhães de Castro R, Bolaños-Jiménez F. (2010). Nutritional programming in the rat is linked to long-lasting changes in nutrient sensing and energy homeostasis in the hypothalamus. *PlosOne*.
- Pence, G.E. (2002). *Designer Food. Mutant Harvest or Breadbasket of words* Gregory E. Pence. Rowman and Publishers, Inc., New York, oxford.
- Peninnton, J.A.T. (2002). Food Ccomposition Databases for Bioactive Food Components. *Journal of Food Composition and Analysis* 15: 419-434.

Pomeón Thomas. (2007). El Queso Cotija, México Un producto con marca colectiva queso “Cotija Región de origen”, en proceso de adquisición de una Denominación de Origen. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. p.16.

Revedin A, Aranguren B, Becattini R, Longo L, Marconi E, Lippi MM, Skakun N, Sinitsyn A, Spiridonova E, Svoboda J. (2010). Thirty thousand-year-old evidence of plant food processing. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.

Schlimme, E. (2002). La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas. ACRIBIA. Zaragoza. Pp. 1-15, 33-36, 77-81,87-94.

Scott, R. (1991). Fabricación de quesos. ACRIBIA. Zaragoza, pp.1-37.

Sekiya M, Yahagi N, Matsuzaka T, Najima Y, NakakukiM,Nagai R, et al (2003). Polyunsaturated fatty acids ameliorate hepaticsteatosis in obese mice by SREBP-1 suppression. Hepatology.

Shakeel-ur-Rehman, J. M. Banks, E. Y. Brechany, D. D. Muir, P. L. H. McSweeney, and P. F. Fox.(2000). Influence of ripening temperature on the volatile profile and flavour of Cheddar cheese made from raw or pasteurised milk. Int. Dairy J. pp.55–65.

Spiteller, G. 2005. Furan fatty acids: Occurrence, Synthesis, and Reactions. Are furan fatty acids responsible for the cardioprotective effects of a fish diet? *Lipids*.

Thomas,P.R, Eart, R. (1994). Enhancingthe food supply. En Opportunities in the Nutrition and Food Sciences: 98-142, Washington, D.C, National Academy Press.

- Titgemeyer EC, Bourquin LD, Fahey GC y Garleb KA: Fermentability of various fiber sources by human fecal bacteria in vitro. *Am J Clin Nutr*, (1991)
- Tricon, S., Burge, G.C., Williams, C.M. & Calder, P.C. 2005. The effects of conjugated linoleic acid on human health-related outcomes. *Proc. Nutr. Soc.*
- Tsuzuki, T., Tokuyama, Y., Igarashi, M. & Miyazawa, T. (2004). Tumor growth suppression by α -eleostearic acid, a linolenic acid isomer with a conjugated triene system, via lipid peroxidation. *Carcinogenesis*.
- Turunen AW, Jula A, Suominen AL, Männistö S, Marniemi J, Kiviranta H, Tiittanen P, Karanko H, Moilanen L, Nieminen MS, Kesäniemi YA, Kähönen M, Verkasalo PK. (2012). Fish consumption, omega-3 fatty acids, and environmental contaminants in relation to low-grade inflammation and early atherosclerosis. *Environ Res*.
- Villegas de Gante, A. (2000). Tecnología quesera. Trillas, pp. 13-53, 76-87, 316-324.
- Vinolo MA, Hirabara SM, Curi R. 2012. G-protein-coupled receptors as fat sensors. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2012 Mar;15(2):112-6.
- Watkins, S. M. – Carter, L. C. – Mak, J. – Tsan, J. – Yamamoto, S. – German, J. B.: Butyric acid and tributyrin induce apoptosis in human hepatic tumour cells. *Journal of Dairy Research*, 66, 1999, pp. 559–567.
- White, P.J. 2008. Fatty acids in oilseeds (vegetable oils). In Chow, K.C. ed. *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*, pp. 227-262. CRC Press, New York, NY.

Wood, J.D., Enser, M., Richardson, R.I. & Whittington, F.M. 2008. Fatty acids in meat and meat products. In Chow, C.K., ed. *Fatty Acids in Foods and their Health Implications* pp. 87-107. CRC Press, London, UK.

Xu, Y. 2001. Perspectives on the 21st. century development of functional foods: bringing Chinese medicatet diet and functional foods. *International Journal of food Science and Technology*.

Yingzhong Y, Droma Y, Rili G, Kubo K. (2006). Regulation of body weight by leptin, with special reference to hypoxia-induced regulation. *Intern Med*.

Zimmerman M R, David A R. (2010). Cancer: an old disease, a new disease or something in between? *Nat Rev Cancer*.

Páginas de Internet consultadas en el presente proyecto

Christie, W.W. 2008. Preparation of lipid extracts from tissues. *In TheLipid*

Library. Recuperado el 8 de agosto del 2012 de <http://www.lipidlibrary.co.uk/topics/extract2/index.htm>

INNATIA. (2012) *Alimentos que contienen lípidos*. Recuperado el 23 de septiembre del 2012 de <http://www.innatia.com/s/c-lipidos-y-acidos-grasos/a-alimentos-con-lipidos.html>

